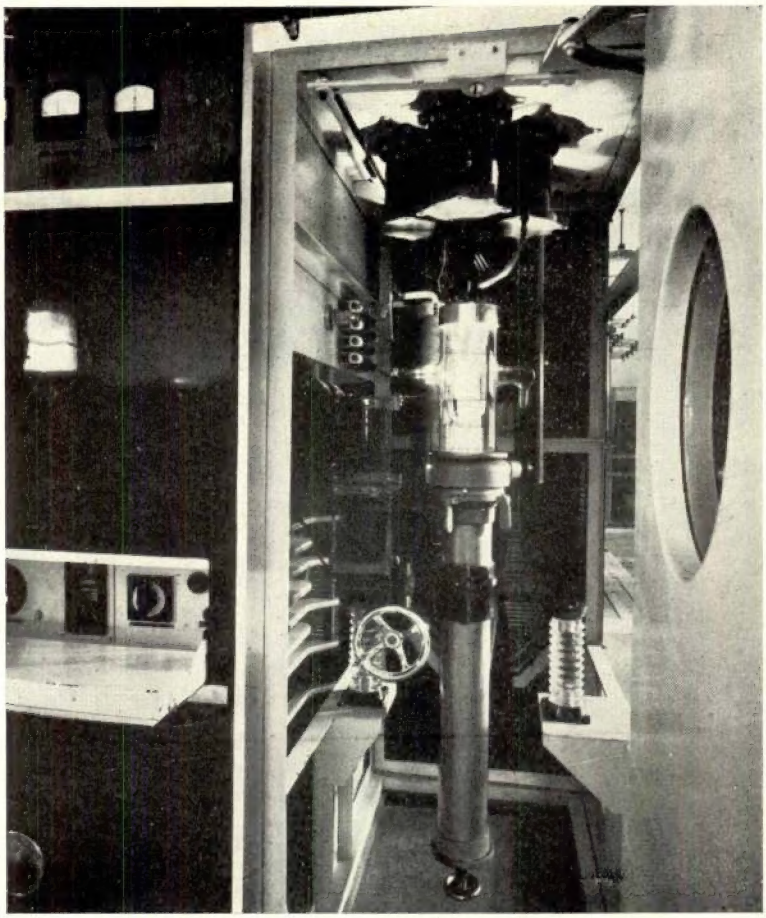
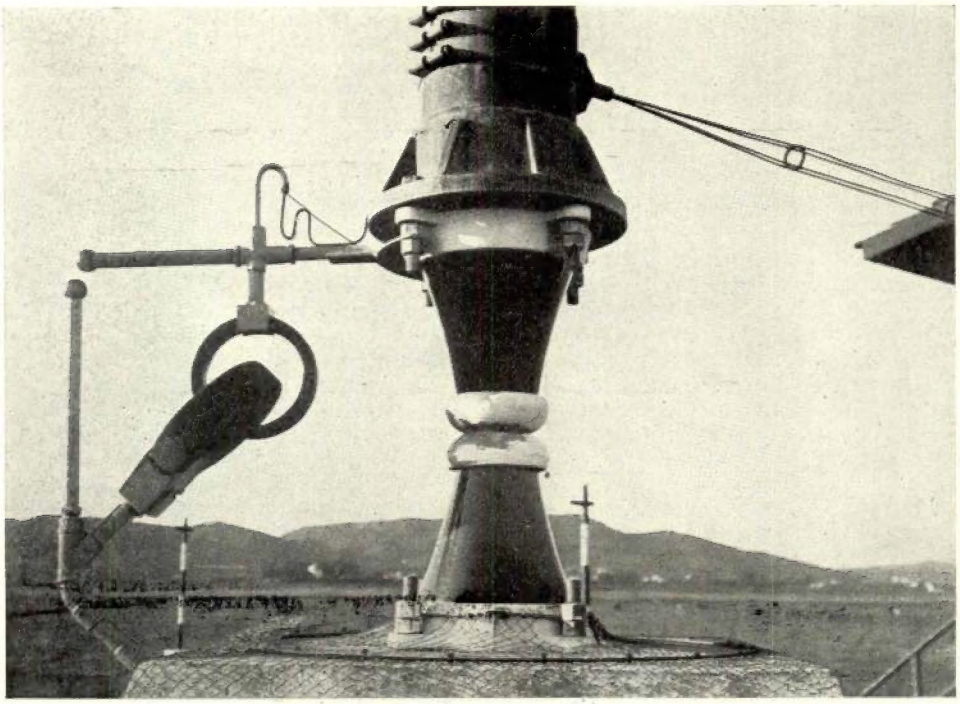


Um dos triodos do andar final

CENTRO EMISSOR NACIONAL

(50 KW)



Base da antena de 180 m de altura e respectivo isolador.
Alimentação directa da antena e transformador, tipo Austin, de isolamento da alta-frequência, para sinalização luminosa.

OFICINAS METALÚRGICAS "OLIVA"

Aspecto parcial da divisão de frèsadoras

Aspecto parcial da divisão de tornos
(Bateria de tornos automáticos)

lançaram mão dos sistemas de detecção electromagnética ou, pelo menos, da técnica desses sistemas.

Os problemas relativos à radiolocalização constituem um dos aspectos onde se verifica um progresso acentuado da aplicação da técnica radioeléctrica nos últimos anos. Pode dizer-se que eles constituem hoje um ramo especializado da radioelectricidade, com características absolutamente definidas.

Porque os princípios em que assentam os sistemas são menos conhecidos, daremos, embora de modo muito sucinto, uma ideia do funcionamento, já porque essa ideia indicará os progressos verificados nas aplicações das ondas hertzianas.

Analisaremos em primeiro lugar os sistemas de detecção electromagnética, desrespeitando assim a ordem cronológica, visto certos sistemas de radionavegação serem muito anteriores àqueles; a razão está, porém, no que já dissemos sobre a aplicação da detecção electromagnética à radionavegação.

O sistema de detecção electromagnética ou de radar (abreviatura de radio detection and range) é constituído por um conjunto emissor receptor funcionando em frequências muito elevadas. A emissão é constituída por uma série de impulsos de muito curta duração, radiados por uma antena directiva. Esses impulsos, ao atingirem qualquer objecto, são reflectidos e recebidos em seguida por meio da mesma antena que serviu para a emissão. Medindo a diferença de tempo que decorre entre o instante da emissão de um impulso e o da recepção desse mesmo impulso depois de reflectido no objecto ter-se-á a distância a que este se encontra. A posição da antena determinará a direcção e sentido, ficando assim o objecto totalmente localizado.

Fazendo a recepção numa lâmpada de raios catódicos poder-se-á obter no alvo dessa lâmpada e segundo uma recta, a representação dos objectos que se encontram na direcção em que se situa a antena. Fazendo rodar esta constantemente (num ângulo de 360° ou apenas num dado sector) e obrigando a linha correspondente na lâmpada de raios catódicos a rodar em sincronismo com a antena, obter-se-á a representação cartográfica da disposição dos objectos.

Este tipo de detecção electromagnética é designado por primária. Existe ainda a detecção secundária, em que um emissor de impulsos provoca a emissão de outros impulsos a partir de um emissor situado no objecto, um veículo, cuja posição se pretende determinar.

A detecção electromagnética, cujo princípio se encontrava previsto desde há muito, teve o seu desenvolvimento durante a guerra, desenvolvimento esse devido fundamentalmente a Wattson Watt. Foi ela, principalmente, que permitiu vencer a batalha aérea da Inglaterra, quer inicialmente, localizando os aviões atacantes, quer, em seguida, por meio da detecção secundária, descriminando os aviões amigos dos inimigos e comandando automàticamente as baterias anti-aérias no ataque a estes últimos. Foi ainda ela que permitiu a destruição de muitas bombas foguete durante o seu percurso até Inglaterra.

No que se refere aos sistemas de radionavegação não pretendemos indicar todos eles, dada a enormíssima variedade dos existentes e dos que têm sido propostos. Limitar-nos-emos a indicar os mais importantes.

O primeiro sistema de radionavegação consiste no radiogoniómetro, com o qual se determina o azimute em relação a uma estação emissora. Duas determinações em relação a duas estações de localização conhecida permitirão determinar a posição.

O radiogoniómetro, na sua forma mais simples, constituído por uma antena de quadro rotativa ligada a um receptor, é um sistema ainda hoje universalmente usado em navios e aeronaves. Cerca de 1938 começaram a surgir os primeiros radiogoniómetros deste tipo mas inteiramente automáticos; basta, neles, ajustar o receptor para se receber a estação que se pretende e o radiogoniómetro indicará, automàticamente, o azimute em relação a ela. São hoje radiogoniómetros de aplicação corrente na navegação.

O sistema de radionavegação com radiogoniómetro a bordo do veículo exige, como se viu, a existência de estações em terra de localização conhecida. Por isso surgiram estações emissoras — os radiofaróis circulares — que, de modo geral, não apresentam características especiais em relação a quaisquer outras estações.

Paralelamente a este sistema de radionavegação seguiu-se o sistema inverso de situar os radiogoniómetros em terra e aproveitar as estações de bordo como radiofarol, para determinar a posição daquelas. Daí vinha a vantagem de se poderem utilizar radiogoniómetros mais perfeitos. Destes há que citar o de Bellini-Tosi, cujo princípio data de 1 907, e o de Adcock, de 1 919.

O desenvolvimento sofrido por estes radiogoniómetros, sem nada alterar o princípio, corresponde a um acréscimo da sensibilidade e ao aparecimento dos radiogoniómetros automáticos em que a indicação do azimute se obtém ou por meio de um galvanómetro, ou de uma lâmpada de raios catódicos.

Devemos ainda fazer uma ligeira referência aos radiofaróis rotativos, que na sua forma inicial já hoje não são utilizados. Esses radiofaróis rotativos, cujo desenvolvimento se verifica à volta de 1 928 tinham por objectivo permitir que qualquer estação receptora não equipada com radiogoniómetro pudesse determinar o seu azimute em relação ao radiofarol.

O desenvolvimento dos serviços aeronáuticos veio exigir a sinalização de rotas aéreas. Com esse fim se desenvolveram os radiofaróis direccionais ou radioalinhamentos (radio-range), cujo princípio se deve a Scheller (1 907). Estes sistemas só começaram a ser postos em prática após a primeira guerra mundial, especialmente nos Estados Unidos, adoptando-se a partir de 1 933 os radiofaróis deste tipo com antenas do sistema Adcock.

Os radioalinhamentos permitem, pela adopção de dois sistemas radiantes com diagrama em forma de oito, estabelecer quatro linhas ou melhor, quatro sectores angulares de muito pequena abertura, nos quais o sinal recebido do radiofarol é um sinal contínuo. Fora desses sectores o sinal é um sinal telegráfico (em regra um A em dois quadrantes opostos e um N nos outros dois). Desta forma, fazendo coincidir o eixo do sector com a direcção a balisar, o veículo pode fàcilmente seguir esta até atingir o radiofarol.

Nestes radiofaróis apenas se utilizavam frequências muito baixas (da ordem de duas a três centenas de kc/s). A partir de 1 939 os Estados Unidos estudaram sistemas análogos, mas em ondas ultra-curtas, para o serviço aeronáutico, que se apresentam como fornecendo indicações mais precisas que o anterior. Esses sistemas levaram à adopção do radiofarol omnidireccional de ultra curtas (omnirange) que permite ao piloto escolher uma qualquer rota e ter indicações visuais constantes quanto aos desvios em relação a essa rota. A emissão do radiofarol é tal que a fase da modulação em qualquer ponto do espaço é proporcional ao azimute verdadeiro desse ponto. A coexistência de uma segunda emissão de modulação de fase fixa e igual à fase da primeira correspondente ao norte geográfico dá a referência a partir da qual se pode determinar o azimute a bordo.

Dentro dos sistemas de radiofaróis devemos ainda anotar os pequenos radiofaróis designados por balisas e que têm por fim fornecer a uma aeronave a indicação de que ela se encontra sobre um determinado ponto onde está situada a balisa.

Todos os sistemas anteriores de radionavegação são fundamentalmente sistemas que se podem classificar como direccionais. A segunda guerra mundial trouxe, não só para fins de navegação pròpriamente dita, mas para as exigências dos bombardeamentos aéreos, o aparecimento de um certo número de sistemas que se podem englobar na classificação de sistemas hiperbólicos.

Estes sistemas baseiam-se no facto de os lugares geométricos de iguais diferenças de distâncias de um ponto qualquer a duas estações fixas ou de iguais diferenças de fase do campo electromagnético produzido nesse ponto por duas estações fixas sincronizadas, serem hipérboles cuja linha focal é a linha que une as duas estações.

Entre os sistemas deste género devemos anotar como mais importante o sistema loran (abreviatura de long range navigation), que foi sugerido por Loomis e posto em execução a partir de 1 940, efectivando-se as primeiras instalações em 1 942.

Neste sistema, duas estações fixas, funcionando em cerca de 1 900 kc/s, emitem impulsos a uma mesma cadência, mas sendo os impulsos de uma delas retardados em relação aos da outra.

Esses impulsos têm, em regra, uma duração de 50 microsegundos. Na recepção determina-se o intervalo de tempo que medeia entre as chegadas dos impulsos correspondentes das duas estações, intervalo de tempo que é função da diferença das distâncias entre o ponto de recepção e cada uma das estações emissoras. Essa diferença de tempo determinará a posição do ponto de recepção sobre uma hipérbole que será o lugar geométrico de todos os pontos cuja diferença de distância às estações emissoras é constante. Uma segunda determinação em relação a outro par de estações fixas permitirá traçar uma outra hipérbole cuja intersecção com a primeira dará a posição do ponto de recepção.

Na prática uma das estações funciona como estação principal e as outras como satélites, sincronizadas por aquela.

Tanto a sincronização dos impulsos como o sistema de recepção, para medir electrònicamente intervalos de tempo da ordem dos milisegundos, levantam problemas de enorme delicadeza que se encontram completamente resolvidos.

No sistema loran normal utiliza-se apenas a radiação directa para a sincronização dos emissores; afim de aumentar a zona coberta iniciaram-se estudos em 1 943 para a utilização da radiação indirecta e que conduziram ao SS loran (skywave synchronized loran). O sistema, inteiramente análogo ao normal, difere na distância a que se encontram as estações emissoras, muito maior, portanto, no caso do SS loran. A questão levanta dificuldades por virtude das irregularidades da propagação na ionosfera e, assim, o SS loran é menos preciso que o loran normal. Ele foi utilizado no último período da segunda guerra mundial, principalmente para os bombardeamentos de Berlim.

Paralelamente ao desenvolvimento do loran estudava-se em Inglaterra um sistema inteiramente análogo, o GEE, que utilizava frequências da ordem de 20 a 40 Mc/s. Este sistema, que foi empregado durante a guerra, está hoje abandonado.

Um outro sistema hiperbólico de utilização corrente, mas utilizando ondas persistentes em vez de impulsos, é o sistema inglês Decca. Neste sistema compara-se, no ponto de recepção, a diferença de fase dos campos de duas estações fixas sincronizadas. Essa determinação leva ao traçado de uma hipérbole, lugar geométrico dos pontos em que aquela diferença de fase é constante. Determinação análoga a partir de um segundo par de estações permite obter uma outra hipérbole cuja intersecção com a primeira dá o local do ponto de recepção.

Na realidade o sistema complica-se visto que no espaço coberto pelas duas estações do par existe número apeciável de hipérboles para as quais se verifica a mesma diferença de fase. Os mapas de navegação pelo sistema Decca contém assim traçadas as hipérboles correspondentes às posições em que os dois campos estão em fase e cujo número depende da frequência utilizada e da distância entre as duas estações.

Além da determinação da diferença da fase entre os dois campos no ponto da recepção, o sistema tem que prever os meios necessários para determinar qual a zona limitada por duas daquelas hipérboles consecutivas em que se encontra o ponto de recepção. O problema está, porém, resolvido de maneira extremamente curiosa.

A primeira aplicação do sistema Decca verificou-se a quando do desembarque das tropas aliadas na Normândia e com ele foi possível obter posições com precisão da ordem dos 20 metros, estando as estações emissoras a mais de 150 km.

Outro sistema de radionavegação também actualmente utilizado é o consol, que é

um derivado do sistema alemão «sonne» utilizado durante a guerra pelos alemães, seus construtores, e aproveitado pelos ingleses, que haviam desvendado o seu segredo.

O consol é, fundamentalmente, um radiofarol de ondas persistentes, funcionando em ondas longas, que por meio de um sistema de três antenas alinhadas e convenientemente distanciadas, alimentadas a extremas por correntes de menor amplitude que a central e cuja fase varia de determinada forma, permite, com o auxílio de um simples receptor, determinar a direcção em relação ao radiofarol.

Dentro dos sistemas de radionavegação desenvolvidos durante a guerra devemos ainda citar o oboé, o shoran e o rebecca.

O sistema oboé é um sistema inglês baseado no radar. A sua utilização fez-se, pela primeira vez a quando do bombardeamento das fábricas Krupp em Essen, em 5 de Março de 1 943. O sistema comporta duas estações de radar em terra, a grande distância uma da outra, e uma estação de radar a bordo que responde automàticamente àquelas. Uma das estações de terra, designada por gato, leva o avião sobre uma trajectória circular com centro nela e de raio prèviamente fixado, trajectória essa que passará pelo ponto a atingir.

A segunda estação de terra — o rato — segue o avião segundo aquela trajectória, e vai-lhe indicando a distância a que ele se encontra do ponto a atingir.

O shoran (abreviatura de short range navigation) é também um sistema baseado no radar, em que os impulsos do emissor de bordo provocam a produção de impulsos de dois emissores em terra, permitindo assim determinar a bordo a posição do veículo.

O sistema rebecca é também baseado no radar. Um interrogador a bordo provoca impulsos de uma estação de terra que recebidos em duas antenas direccionais a bordo indicam se a estação se encontra à direita ou à esquerda do avião bem como a distância até ela.

Não queremos deixar de referir a existência de radioaltímetros, funcionando quer pelo sistema de impulsos quer pelo sistema de modulação de frequência, que permitem determinar a altura em relação ao nível do solo.

Por outro lado, ainda, há que anotar o desenvolvimento dos sistemas de aterragem sem visibilidade que a partir de 1 928 começaram a chamar a atenção dos técnicos. Esses sistemas sofreram maior impulso com os trabalhos de Diamond e Dumore em 1 931 e levaram em 1 933, Kramar, da firma Lorenz, a criar um tipo que teve grande voga na Europa, especialmente na Alemanha e que ainda hoje é utililizado sob a designação inglesa de SBA (standard beam approach).

Este sistema, porém, foi ultrapassado pelo sistema americano SCS 51 criado durante a guerra e que hoje é largamente utilizado sob a designação de ILS (instrument landing system). Com este sistema pretende-se fornecer ao avião as indicações relativas ao alinhamento com a pista de aterragem, distância a esta e a trajectória de aterragem a seguir.

Dentro destes sistemas surgiu também durante a guerra o GCA (ground control approach), utilizando radar instalado em terra, e com o qual se fornecem ao avião todas as indicações necessárias para este efectuar a aterragem.

O GCA utilizado militarmente veio permitir as operações aéreas com pràticamente qualquer tempo e foi ele um dos grandes esteios em que assentou o funcionamento da famosa ponte aérea de Berlim.

Finalmente anotemos que, do conjunto de todos estes aperfeiçoamentos, nasceram estudos tendentes à criação de um sistema universal de radionavegação e especialmente destinado à aeronáutica, dos quais os mais importantes são o teleran (abreviatura de televisão, radar, navegação), o lanac (abreviatura de laminar navigation and anti-collision), o navaglobe, o navaglide, o navar e o navascreen.

Dezembro 1 950.

CENTRAIS ELÉCTRICAS

LINHAS GERAIS DA SUA EVOLUÇÃO

PELO ENG. ELECTR. I. S. T. SÉRGIO A. F. MEDEIROS

Antigo Director da Técnica

C. D. 621.311

GENERALIDADES

A ideia de central eléctrica anda ligada à de instalação produtora de electricidade, tanto como à do centro donde irradia a corrente a distribuir. Daí, o acerto da sua designação.

Modernamente, as funções a que são chamadas as centrais chegam a afastar-se bastante da segunda noção, mas conservam-se fieis à primeira. Uma central eléctrica tem-se hoje, fundamentalmente, como uma instalação geradora de electricidade, seja qual fôr o destino da corrente ali produzida.

Outra ideia que anda ligada à mesma designação é a da sua característica industrial. Excluem-se assim as pequenas fontes de corrente, como as pilhas, seja qual for o princípio em que se fundamentem, mas todas de valor secundário como fornecedores de energia, embora a desempenhar por vezes importante função acessória, mesmo nas grandes centrais eléctricas.

Nem o espaço nem o tempo, de que dispomos, nos permitem dar mais que uma visão panorâmica do tema que nos propusemos tratar. De facto, a vastidão e complexidade do objecto não consentem simultaneidade, entre a minúcia conveniente e a concisão necessária. Optámos, lògicamente, por um estudo crítico genérico, sem pretensões de infalibilidade, mas que não deixará talvez de ter o seu interesse, para os leitores a quem a nossa revista mais se destina: — os futuros engenheiros.

Em obediência ao princípio da conservação da energia, apenas se processa nas centrais a transformação em corrente eléctrica de outras modalidades dessa mesma energia, encontradas ou surpreendidas na natureza sob uma forma potencial, cinética ou mista.

Os depósitos naturais de combustíveis, mais ou menos fossilizados ou mineralizados, como os carvões e os petróleos, ou de formação contemporânea, como as lenhas das florestas, representam ainda hoje, sobretudo os primeiros, o papel principal na alimentação das centrais eléctricas. Mas, por um lado, a limitada capacidade dos depósitos existentes, a causar hoje muito maior inquietação do que há alguns anos atrás, e, por outro, a enervante lentidão com que se formam novos jazigos ou se criam e regeneram novas matas, emprestam tal acuidade ao assunto, que ele se transformou num dos problemas centrais do nosso tempo. A descoberta de novas utilizações para os mesmos materiais, numa luta tenaz pelo seu melhor aproveitamento, tem levado também os Governos, em salvaguarda do futuro da grei, a dificultar o desbaratamento de todos os recursos naturais não renováveis. Daí o desenrolar duma campanha gigantesca tendente à utilização das fontes perenes de energia, que a natureza nos proporciona, mais ou menos pródiga ou avaramente, como sejam: — as quedas de água, marés, ondas, vento; desníveis térmicos entre zonas próximas, na água do mar ou na terra; gases de fontes naturais, irradiação térmica solar, etc.

Por último, e parece que nem por isso de menor importância, aflora neste momento a energia atómica, a lançar novas esperanças num futuro, que será sem dúvida brilhante, se o formidável poder energético concentrado nos átomos vier a ser aproveitado, decidida e francamente, em favor do bem estar da humanidade.

Como é natural, as formas de aproveitamento têm de condicionar-se às circunstâncias locais e tendo sempre em vista a obtenção dos melhores rendimentos. É notória a diferença de concepção e arranjo, que chega a notar-se de instalação para instalação. É difícil, por isso, fixar nomenclaturas, que possam admitir geral acolhimento. Contudo, tomando como base a forma por que se apresenta a energia a transformar, podem as centrais dividir-se em dois primeiros grandes grupos, a saber: — *as centrais termo-eléctricas*, em que o accionamento dos geradores se faz por meio de máquinas térmicas; e aquelas a que poderemos chamar *mecano-eléctricas*, por utilizarem, desde início, uma energia que se apresenta já sob a forma mecânica, como sucede nas centrais hidro-eléctricas e eólicas.

As nossas considerações incidirão em especial sobre as centrais termo e hidro-eléctricas, por serem aquelas que, ainda hoje, asseguram a quase totalidade do fornecimento de energia eléctrica consumida no mundo inteiro.

A LUTA PELA MELHORIA DO RENDIMENTO

Nos aproveitamentos das quedas de água e da força do vento, a transformação em corrente eléctrica é quase imediata; mas, quando intervém o calor, quer desde início, como na utilização de desníveis térmicos naturais, quer pela provocação artificial de idênticos desníveis, utilizando os combustíveis por exemplo, o processo é muito mais complexo e, em consequência, os rendimentos caem verticalmente, apesar da maior possibilidade do seu condicionamento.

Assim, enquanto nos aproveitamentos hidráulicos a corrente eléctrica se obtém com rendimentos globais que chegam a atingir valores da ordem dos 80 e 85 %, nas instalações térmicas não se vai além de 30 a 35 %, quer se recorra à intervenção dum fluido auxiliar intermédio, como a água ou o mercúrio, quer se utilizem as máquinas de combustão interna, como os motores ou as turbinas a gás. No segundo caso, perde-se ou degrada-se a maior parte da energia posta em jogo.

Quanto ao rendimento, estamos portanto muito longe duma solução condigna, quando se trata da transformação da energia calorífica em energia eléctrica. E as perspectivas actuais, neste domínio, não nos parecem revolucionárias.

É natural que a «energia atómica» venha abrir novos horizontes no campo da produção de electricidade, desviando das caldeiras das grandes centrais os combustíveis hoje ali queimados. Mas, pelo menos até onde a revelação dos periódicos nos parece digna de todo o crédito, não vai ainda a sua utilização além da obtenção duma nova fonte de calor. O seu emprego irá equivaler assim ao aparecimento dum novo combustível. Da fornalha para a frente, os problemas conservar-se-ão idênticos aos das actuais centrais a vapor.

Desta forma, e apesar das maravilhas já conseguidas na melhoria do rendimento das instalações termo-eléctricas, os avanços estão condenados à lentidão, pela impossibilidade de eliminar ou baixar notàvelmente as perdas de calor, que, em pródigo esbanjamento e em contraste flagrante com a imperiosa necessidade de economizar combustíveis, continuam a registar-se, tanto nos sistemas de condensação do vapor, como nos gases de escape dos motores e das turbinas a gás.

A GRANDE LACUNA

Não apareceu ainda um acumulador de electricidade, que seja ao mesmo tempo barato, de grande capacidade e de bom rendimento energético. É esta uma das maiores

lacunas da indústria electrotécnica. Edison ainda encarou o problema de frente, mas nem o seu génio logrou soluções radicais.

Os actuais acumuladores são pesados, volumosos, relativamente caros e de mau rendimento. Não pode pensar-se, portanto, na sua utilização para fins industriais, onde haja necessidade da grandes potências e, sobretudo, de grandes quantidades de energia. De resto, uma perda da ordem dos 40 e 50 %, entre a carga e a descarga, também não permite grandes entusiasmos.

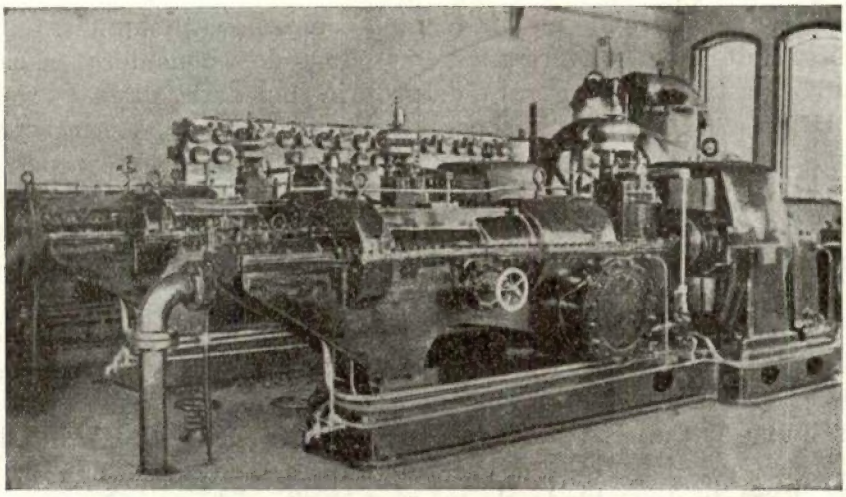


Fig. 1 — Grupo turbo-gerador de 400 kW instalado em 1 899

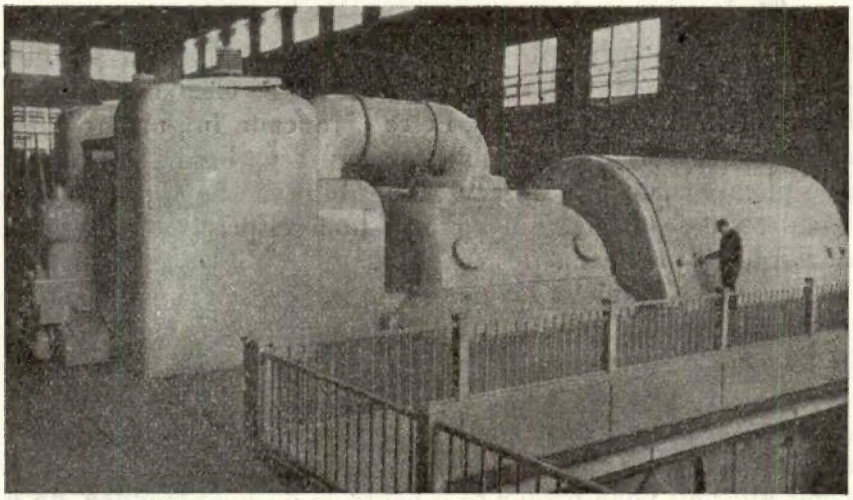


Fig. 2 — Grupo turbo-gerador de 100 000 kW instalado em 1 948

Mesmo com os acumuladores existentes, ainda a tracção eléctrica por baterias sofreu alguns impulsos importantes, durante a última conflagração mundial, sobretudo para vencer pequenos percursos e para o transporte de cargas leves. Terminada a guerra, o interesse pela resolução deste problema talvez tenha caído um pouco, devido à maior facilidade de abastecimento em combustíveis líquidos, que aos veículos automóveis de novo se deparou.

Contudo, o fabrico dum acumulador com melhores características poderia, só por si, mudar o panorama dos transportes terrestres, tanto sobre pneus como sobre carris, e com vantagem também para o regime de carga das centrais, pela possível melhoria dos seus diagramas.

O assunto é de capital importância e digno, por isso, de consideração por parte dos estudiosos e, em especial, dos que se interessam pela evolução da tracção eléctrica.

SENTIDOS DA EVOLUÇÃO

Na concepção das centrais e na sua técnica construtiva, denunciam-se certas linhas de evolução, em grande parte convergentes, que não podem considerar-se capítulo àparte, dentro dos avanços da técnica em geral e da própria sociedade, dada a existência de fortes influências recíprocas e em muitos casos reflexas. Sendo as centrais conjuntos complexos, onde entra aparelhagem com múltiplas aplicações noutros campos, têm necessàriamente de sofrer, da parte de todos eles, as mais diversas reacções. E, como a efervescência reformadora se manifesta plenamente em todos os sectores da actividade industrial, a evolução continua viva, desde os fundamentos científicos até à técnica de execução.

No seio deste movimento, alguns polos se destacam, na inspiração de quem projecta e na orientação de quem constrói, em resposta pronta à premência das necessidades e ao desenvolvimento progressivo dos elementos de que se dispõe.

Uma das linhas características desta evolução traça-se no sentido do aumento de potência de cada central, quer obtida à custa do aumento do número de grupos, quer pelo aumento de potência de cada unidade electro-motriz.

A qualidade não é menos atingida que a quantidade. Imperam cada vez mais o automatismo, a simplificação dos movimentos, a normalização, o traçado aerodinâmico, a personalização das formas e a simplicidade de construção.

Automatismo — O seu princípio está implícito na própria noção de máquina, logo que se vai além da «máquina simples» estudada na Física elementar.

Com o desenvolvimento da técnica, nessa arrancada fulgurante em que a máquina a vapor pairou em grande plano, o automatismo figura na base de quase todo o progresso industrial. Tendo ultrapassado já há muito a sensibilidade de alguns dos nossos sentidos, os comandos mecânicos e eléctricos atingem hoje notável precisão, que se traduz por uma «memória» e «disciplina» pràticamente perfeitas.

Do automatismo dos movimentos mais simples, passou-se ao comando de máquinas complicadas, e depois ao de unidades fabris completas, como sucede, por exemplo, com algumas centrais hidro-eléctricas e termo-eléctricas, embora ainda de pequena potência.

Mas o comando automático só pode considerar-se digno de classicismo, se actuar sobre mecanismos esquemàticamente simples, por meio de dispositivos igualmente simples. Caso contrário, mais difícil pode tornar-se o controle do coordenador, do que do próprio sistema a coordenar. Há exemplos destes a cada passo, através do desenvolvimento geral da mecânica e da electrotecnia, provocando, muito naturalmente, a sua revisão e correcção contínuas.

Simplificação dos movimentos — Impulsionado pelas necessidades ou espicaçado pela ância de constantemente se ultrapassar a si próprio, vai o génio humano desenhando nítida evolução, no sentido da substituição dos movimentos alternativos por movimentos contínuos. Está em causa o rendimento e, não raro, a própria capacidade ou potência das instalações.

Substituiu-se a grelha de carregamento manual pela grelha mecânica, visando, na alimentação, o movimento contínuo do combustível. O emprego dos combustíveis líquidos e gasosos tem como grande atractivo a sua introdução por jacto contínuo, fàcilmente regulável em carga. As maiores caldeiras já não poderiam ser convenientemente alimenmentadas a carvão, mesmo com as modernas grelhas mecânicas; a utilização do carvão pulverizado torna-se assim indispensável, não tanto para a melhoria do rendimento, mas também para dar viabilidade às maiores unidades hoje existentes.

Por idênticas razões, se foi passando da máquina para a turbina a vapor.

Luta-se hoje pelo estabelecimento da turbina a gás. As realizações, embora não sejam ainda inteiramente convincentes, acusam avanços tão nítidos que não será de admirar vermos a turbina a gás destronar os motores de combustão interna, na mesma proporção já verificada entre a turbina e a máquina a vapor. As dificuldades a vencer parecem maiores que no caso do vapor, mas nada que nos pareça insuperável.

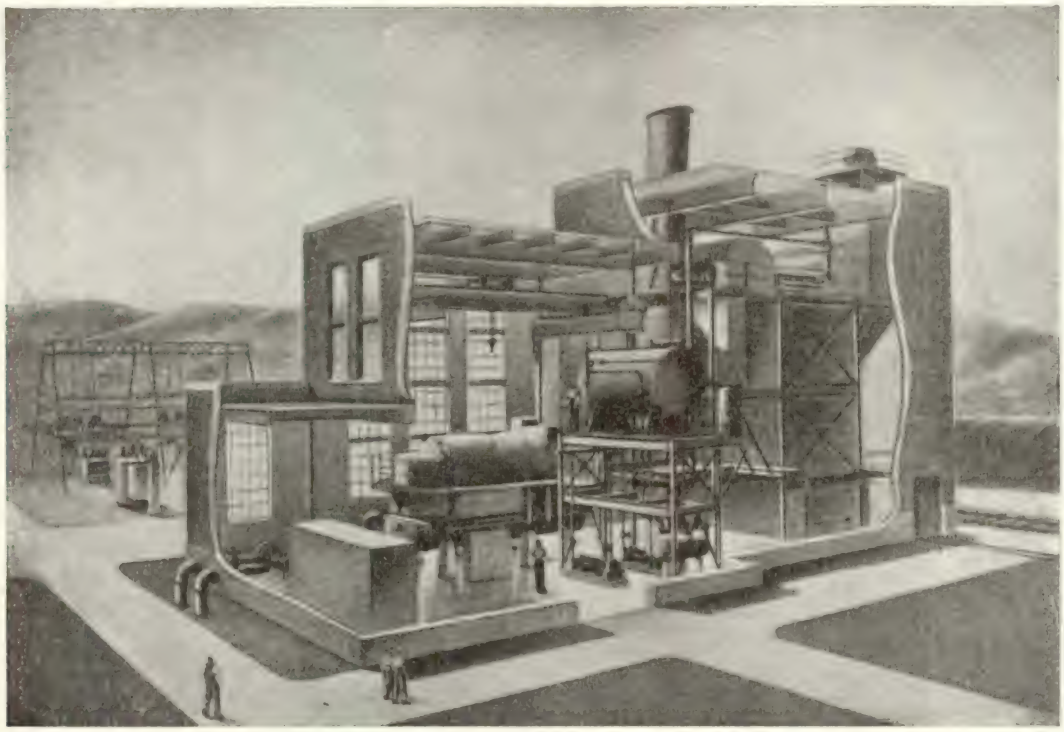


Fig. 3 — Arranjo de conjunto duma central termo-eléctrica standardizada, de 5 000 kW. A prèfabricação é aqui limitada apenas pela capacidade dos meios de transporte. Em 1 950, foi apresentado um modelo «standard» de 12 500 kW.

Estamos assistindo também ao espectaculoso incremento do recentíssimo motor de jacto, tomando a dianteira, sob muitos aspectos, ao motor de explosão. E aí está como uma turbina a gás se adaptou admiràvelmente a um fim especializado, num autêntico salto de gigante, entre as máquinas de tipo alternativo e os sistemas de movimento contínuo.

No meio desta tendência geral, aparece como excepção, na construção electromecânica, a utilização crescente da corrente alternada, em detrimento da corrente contínua. Mas, ainda aqui, apesar de não haver indícios de subserviências notórias na marcha que se está seguindo, salvo algumas tentativas para o transporte de energia

a muito longas distâncias, não nos surpreende que volte a supremacia da corrente contínua, com o aparecimento de novos processos, que venham revolucionar a técnica da sua utilização.

Normalização — A standardização do material, desde os mais simples elementos construtivos até aos conjuntos mecânicos mais complexos, progride incessantemente, ora por imposição dos Governos, ora por acordo entre os construtores, e até, em cada fábrica, para maior ordenação e economia.

Padronizam-se as formas e as dimensões das peças, a natureza dos materiais a empregar e a própria potência das máquinas. No caso das centrais, a standardização dos conjuntos não é fàcilmente aplicável às instalações hidro-eléctricas, por força da sua sujeição às características das quedas a aproveitar. Mas, nas centrais térmicas, esse escalonamento é mais largamente admissível e daí o ter aparecido primeiro nos pequenos

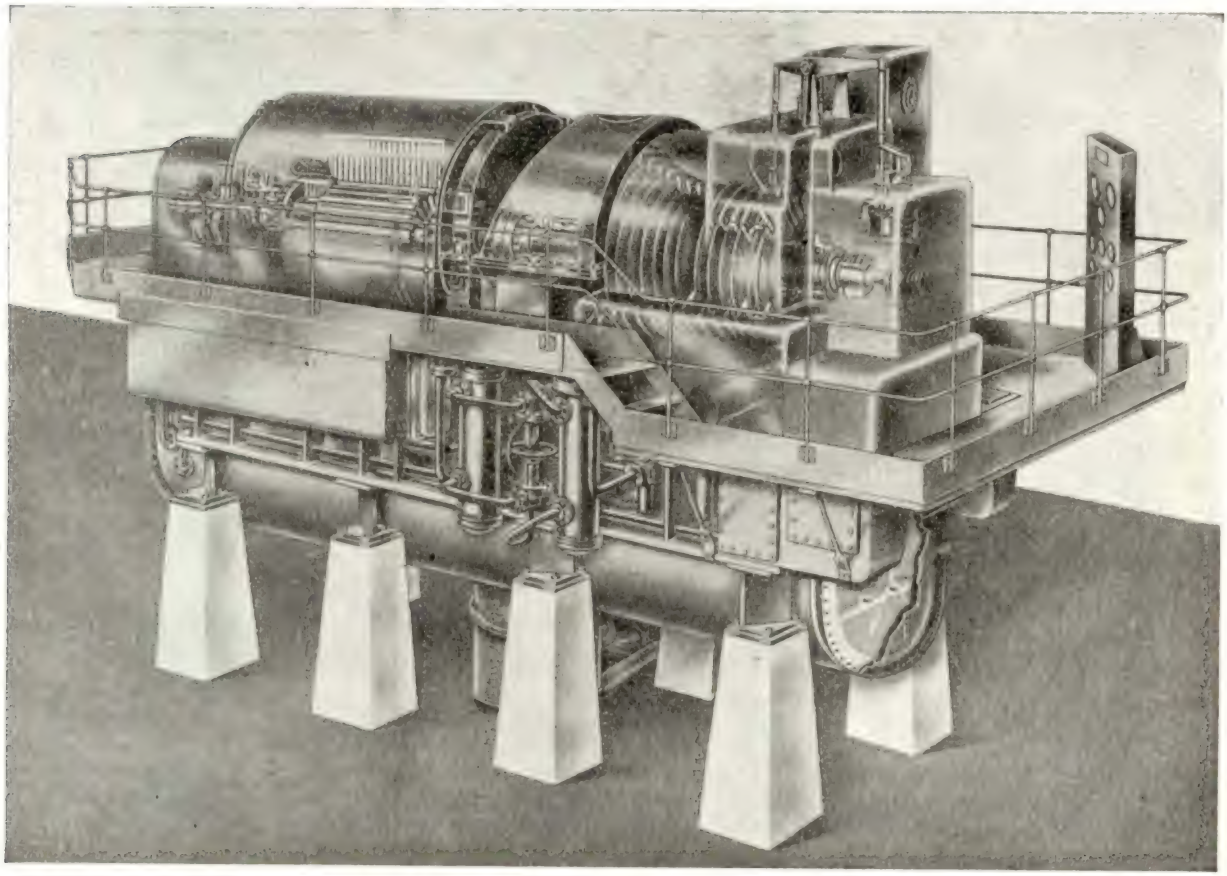


Fig. 4 — Grupo turbo-gerador, incluindo condensador e mais alguns auxiliares, correspondente a uma central standardizada de 5 000 kW.
De fundações extremamente simples, este conjunto constitui um bloco, que pode vir quase completamente montado da fábrica.

geradores, equipados com motores de combustão interna, mas abrangendo já centrais completas, de potência superior a uma dezena de milhar de quilowatts.

Independentemente disso, pode dizer-se que, àparte alguns elementos que têm de moldar-se às exigências de cada instalação, uma central eléctrica moderna resulta da conjugação duma série de partes, todas de construção mais ou menos normalizada. É preci-

samente na selecção do tipo e grandeza da aparelhagem a empregar que reside mesmo, em cada caso, a principal dificuldade de quem projecta ou de quem se encarrega da sua execução.

Aerodinamismo — Na construção mecânica em geral, as formas acusam nítida influência do aerodinamismo reinante. Guiados pelos resultados da experiência, agora transformada em sistema, e seduzidos por uma continuidade fluídica, que os leva a suprimir as variações bruscas de direcção, vão os construtores de máquinas descobrindo novas harmonias, que a todos vão conquistando, num movimento unificador de mútua compreensão e de aspirações concordantes.

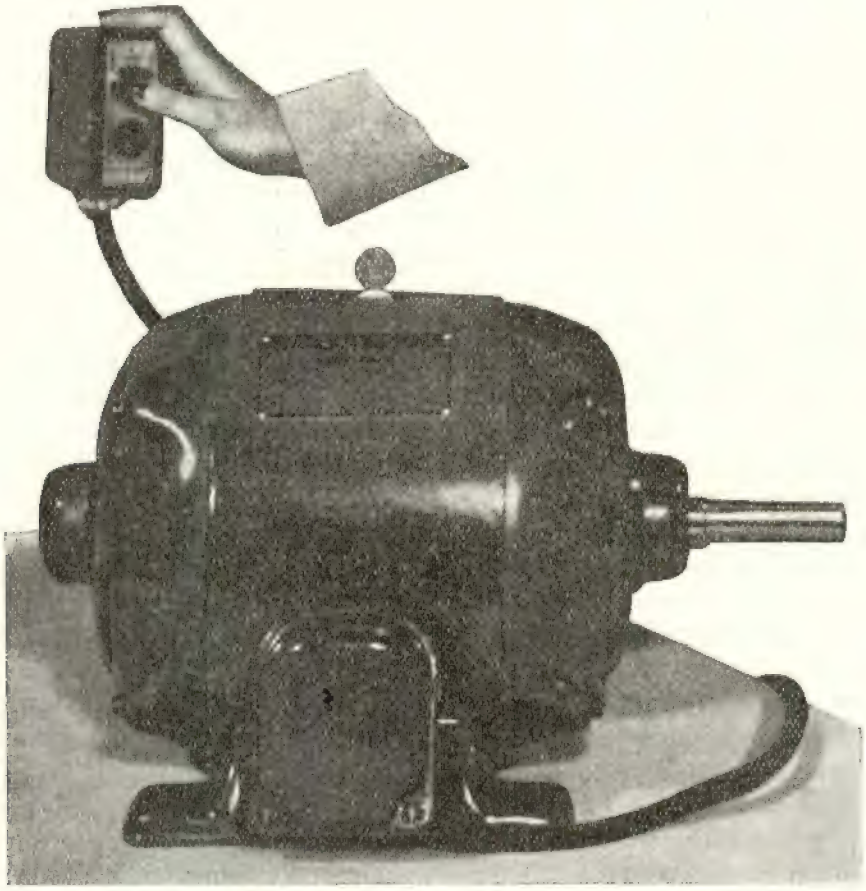


Fig. 5 — Motor tipo «life-line», em experiência: — a moeda mantem-se de pé, quando do seu arranque, andamento e paragem. De notar que o motor está apoiado na mesa de ensaio, sem qualquer dispositivo de fixação.
A ausência de vibrações e ruidos nestes motores, aliada ao facto de sairem da fábrica lubrificados para toda a vida, dá ideia de perfeição a que chegou a construção dos motores eléctricos.

O triunfo do aerodinamismo pode dizer-se completo. Foi a técnica que o impôs, mas a arte nele veio a descobrir um belo manancial de inspiração. É lógico, portanto, que o traçado aerodinâmico esteja hoje inteiramente generalizado, em quase toda a construção electromecânica.

Personalização das formas e simplicidade de construção — Ao melhor aproveitamento dos materiais responde a maior confiança nas máquinas e dispositivos empregados, com a consequente simplificação no arranjo geral das centrais.

Diminuem as reservas necessárias, em caldeiras por exemplo; unificam-se os processos de accionamento, como sucede nas bombas de alimentação, onde os motores eléctricos substituem cada vez mais o clássico sistema de accionamento por vapor; e vai desaparecendo a preocupação da interligação das canalizações, quer do vapor quer da água de alimentação das caldeiras, com nítida influência no custo das tubagens e dos orgãos de comando.

A independência dos grupos geradores caminha francamente para a constituição de unidades completas, incluindo mesmo os transformadores elevadores e levando os paralelos das máquinas da mesma central a fazerem-se já sobre os barramentos de saída ou sobre as linhas de transporte.

Tanto nas centrais térmicas como hidro-eléctricas, há marcada tendência para a concentração, numa sala única, de todos os sistemas de comando e medida, sem esquecer os dispositivos de registo e alarme.

Na própria concepção arquitectónica dos edifícios, a simplificação é evidente. Já se aceita sem relutância, e correntemente até com acentuado entusiasmo, a adopção de novas formas, sem «torcidos» nem «tremidos», e em benefício das linhas simples, mais conformes com a natureza dos novos materiais utilizados. Lá está a justaposição e encadeamento de volumes, para dar vida exterior ao conjunto, em mais perfeita harmonia com a aparelhagem albergada em cada corpo.

À medida também que se esfumam os pruridos dum falso pudor artístico, que impunha aos edifícios disfarces da sua verdadeira função, vão as máquinas ocupando o lugar principal que lhes é devido, em vez de simples papel de recheio, como se de qualquer mobiliário se tratasse. Com a tendência manifesta para a individualização das máquinas, tornando-as cada vez mais independentes das estruturas auxiliares de suporte e resguardo, mais se eclipsa a importância dos edifícios.

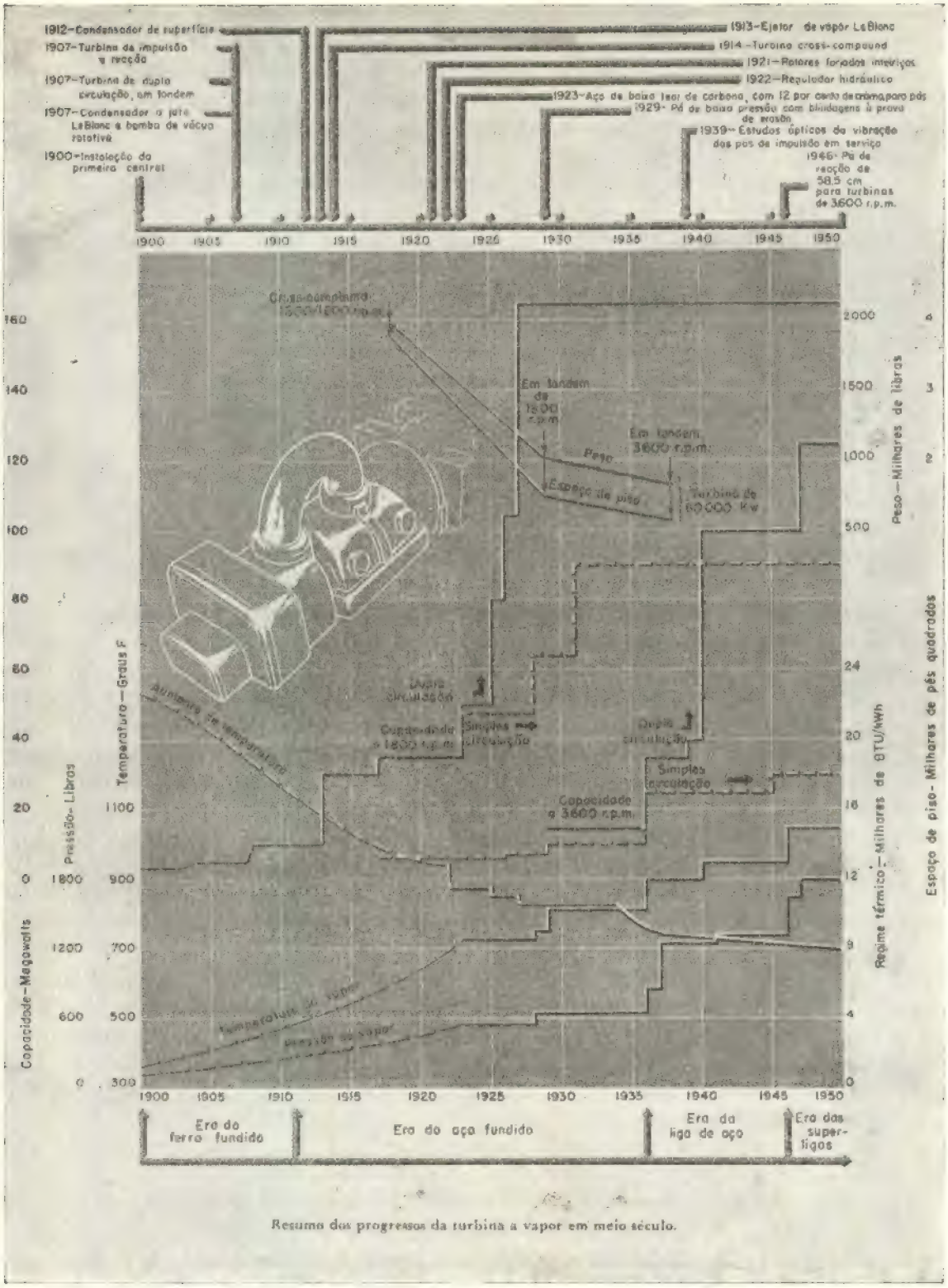
Já se constroem caldeiras quase completamente instaladas ao ar livre. Nalgumas grandes centrais hidro-eléctricas, os próprios turbo-alternadores são blindados superiormente, de forma a dispensarem a superestrutura de protecção. A aparelhagem eléctrica de alta tensão, incluindo transformadores, disjuntores, seccionadores, etc., caminha também para a total instalação exterior.

Vai-se assim dispensando o peso morto dos edifícios, com o respectivo alívio nos encargos de primeiro estabelecimento e grande influência na rapidez de montagem.

Simultâneamente, assiste-se a uma melhoria das condições de habitabilidade das centrais eléctricas, tal como se verifica em geral, em todas as instalações industriais. O bem estar do pessoal de condução, considerado antigamente de importância secundária, passou hoje para o primeiro plano das preocupações de quem dirige, desde que actue com plena consciência das suas funções. De facto, há reacções humanamente aceitáveis nalguns aspectos, que podem pesar muito sensìvelmente no rendimento da exploração, no custo das reparações ou nos prejuízos resultantes de paralizações parciais ou totais, provenientes de certo amolecimento do pessoal, que a falta de conforto pode fomentar.

Tudo se conjuga para que o traçado das instalações seja considerado à vista de nova luz, ao mesmo tempo que nos vamos habituando à ideia de considerar as centrais eléctricas como novo tipo de monumentos, bem característicos da nossa era.

Vão-se assim tornando desnecessários os disfarces do género dos que ajudaram a levar os fabricantes de lâmpadas à imitação das velas de estearina e dos candeeiros de azeite, para se consagrarem, como símbolos dos tempos modernos, as construções em que predomina a concepção técnica pura, e de que são exemplos relevantes a Torre Eiffel, alguns arranha-céus e as grandes barragens de betão armado.



Resumo dos progressos da turbina a vapor em meio século.

Fig. 6

CAUSAS PRÓXIMAS

Entre as causas determinantes da moderna evolução da técnica de fabrico, podemos salientar:

— O melhor conhecimento dos materiais utilizados, com a introdução de alguns novos, a sua melhoria de qualidade e o seu mais racional aproveitamento, tal como sucedeu com os aços em geral, com os constituintes das chapas magnéticas e com os isolantes térmicos e eléctricos;

— A generalização do emprego das máquinas ferramentas, em substituição da execução manual e permitindo trabalho mais preciso, de maior rendimento e em série;

— O aperfeiçoamento da soldadura, e em especial da soldadura eléctrica, tornando possível a construção soldada, em lugar da fundida, em carcassas, tubos e outras peças importantes, fixas ou móveis; a supressão da rebitagem e do emprego de parafusos, nas caldeiras, estruturas de armação e suporte, tubagem etc.; e permitindo assim um grande aligeiramento de formas e um notável aumento na rapidez de execução;

— E, finalmente, o aperfeiçoamento dos processos de ensaio e inspecção, quer dos próprios materiais-base quer das suas ligações, em grande parte à custa do emprego dos Raios X.

DIFICULDADES E REALIZAÇÕES

O aproveitamento das fontes de energia de fraco potencial, e sobretudo onde há variações periódicas e irregulares, como nos casos do vento, das ondas e da radiação solar (em utilização directa), pode dizer-se que não tem passado de instalações de caracter experimental. As grandes superfícies activas a considerar, os caudais em jogo, a adaptação dos geradores a regimes muito variáveis de carga e velocidade, a exposição aos agentes atmosféricos ou ao capricho das correntes e ondulações marítimas, são tantos outros problemas, de solução tècnicamente possível, mas econòmicamente comprometedora.

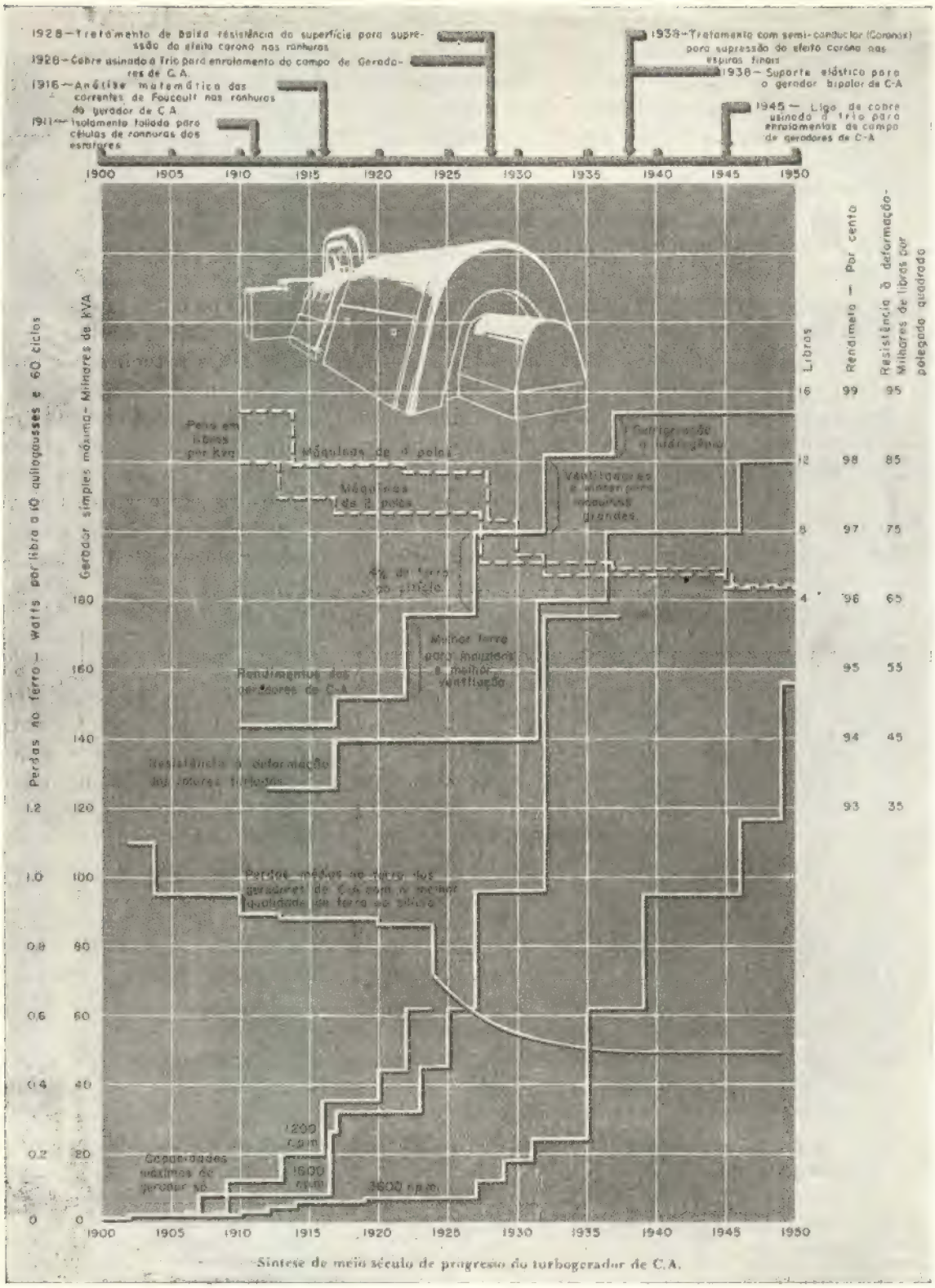
Apesar disso, pelo menos o vento, pela sua universalidade, poderá ainda desempenhar função importante no abastecimento de redes extensas, quando coordenado com as outras fontes de energia, onde é possível o armazenamento. Tudo depende da obtenção de instalações baratas e de potência apreciável, de que ainda estamos longe.

As experiências de George Claude e Boucheron, para o aproveitamento das diferenças de temperatura existentes nalguns mares tropicais, entre as águas superficiais e profundas, embora de valor incontestável, ainda não conduziram também a soluções econòmicamente aconselháveis.

A *prèfabricação* é outra característica da técnica moderna. Pode dizer-se que, ainda não há muito tempo, uma central eléctrica era metade construída nas fábricas e o resto nos locais de instalação. A posição actual torna as montagens incomparàvelmente mais simples, mais expeditas e menos custosas.

Ao pé da porta, os exemplos frisantes do Castelo do Bode, da Venda Nova e de Belver ilustram sobejamente esta verdade. E mais ainda o aparecimento das centrais transportáveis, montadas sobre camiões, vagões ou barcaças, que se verificou durante a última guerra.

O aspecto da questão é bastante diferente, em relação às instalações térmicas e hidráulicas. Nas centrais hidro-eléctricas, a principal dificuldade reside na adaptação das turbinas às quedas existentes e sobretudo pela vulgar coincidência entre as baixas quedas e os grandes caudais, tal como a natureza os apresenta. Ao contrário, nas centrais térmicas, a pressão do vapor é escolhida pelo construtor, de forma a obter o melhor rendimento do conjunto. No entanto, as altas temperaturas, a variação de volume do fluido activo e a condensação são problemas de solução sempre delicada.



Síntese de meio século de progresso do turbogerador de C.A.

Fig. 7

Nalguns aproveitamentos hidráulicos, as altas pressões ainda levantam problemas graves, devido ao peso específico e à quase incompressibilidade da água; mas podem ladear-se com relativa facilidade, pelo recurso à associação das rodas Pelton em cascata. O mesmo já não pode admitir-se nos sistemas de accionamento por vapor, onde as pressões hoje atingidas correspondem a quedas de água da ordem dos 2 000 metros, e portanto bastante superiores às mais altas quedas aproveitadas até à data.

Ainda nas centrais térmicas, para contornar o problema dos grandes caudais, tem-se recorrido ao reaquecimento do vapor, em diferentes andares da sua utilização, e, simultâneamente, com o fim de melhorar o rendimento do sistema caldeira-turbina e de conseguir maiores potências unitárias, sem cair em dimensões impraticáveis.

Nas centrais hidro-eléctricas, há que assinalar a generalização do emprego dos grupos de eixo vertical, em solução já hoje clássica, com acoplamento directo dos alternadores às turbinas. É, em boa parte, o resultado dum explêndido triunfo na construção das chumaceiras de impulso de eixo vertical; e a união directa é sempre possível devido à relativamente baixa velocidade das turbinas — da ordem das centenas de rotações por minuto — arrastando embora um sensível aumento de volume dos alternadores.

Nas instalações térmicas, pelo contrário, a perfeição atingida pelos sistemas redutores de engrenagens relegou, em parte, para segundo plano a necessidade do acoplamento directo. É possível portanto adoptar, para cada uma das máquinas, a velocidade mais aconselhável. Assim, por exemplo, enquanto para os alternadores são correntes as velocidades de 1 500 e 3 000 rot./min. (ou de 1 800 e 3 600, para a frequência de 60 Hz adoptada nos E. U. da América), são vulgares as turbinas construídas para velocidades da ordem das 4 000, 5 000 e 6 000 rot./min.

ALGUNS PORMENORES

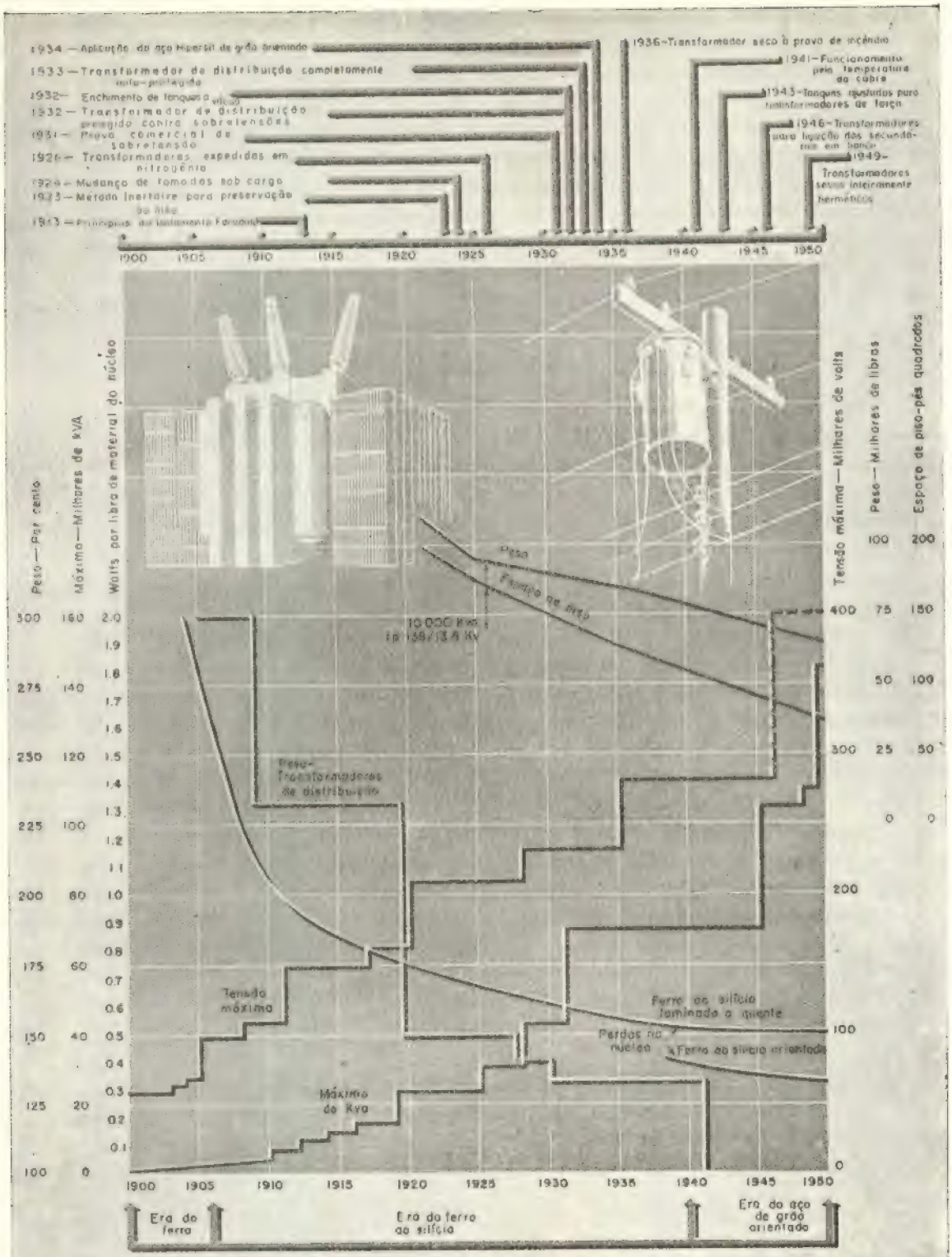
A flexibilidade das caldeiras e a possibilidade do seu rápido lançamento, antigamente tão demorado, acentua-se com a limitação do emprego dos refractários, que vão deixando a outros materiais a constituição das estruturas de resistência e vedação. O melhor condicionamento do fogo e as novas concepções das fornalhas, com as paredes totalmente metálicas, refrigeradas pela própria água de circulação das caldeiras ou da respectiva alimentação, fecham o capítulo brilhante traçado pela evolução dos grandes geradores de vapor, no sentido da sua transformação em máquinas pròpriamente ditas, segundo o conceito vulgar do termo.

Já se constróem caldeiras para pressões superiores a 200 Kg/cm^2, para temperaturas da ordem dos 550° C e com capacidades de cerca de 500 000 Kg de vapor por hora. Para os valores mais altos, tem sido necessário recorrer à circulação forçada da água dentro das caldeiras e ao emprego quase indispensável do carvão pulverizado.

No outro extremo da escala das temperaturas, e em réplica miniatural aos aproveitamentos dos gases quentes dimanados das fontes de natureza vulcânica ou dos próprios vulcões, como se projecta na Itália, empregam-se também caldeiras de recuperação dos calores contidos nos gases provenientes das fábricas de cimento, cal, cobre, zinco, etc., com temperaturas desde 270° a 300° C. Interessante anotar, porém, que as temperaturas a partir das quais estas recuperações se tornam econòmicamente aconselháveis, para a produção de electricidade, rondam a cifra dos 500° C.

As turbinas já se fabricam para potências superiores a 200 000 CV.

Os alternadores também não têm ficado atrás, na luta pelo aumento das potências unitárias. Nesta corrida, as caldeiras, as turbinas e os alternadores têm evolucionado em estreito paralelismo. Em particular, as turbinas e os alternadores têm formado causa comum, por força da sua obrigatória simbiose.



Síntese de meio século de progresso dos transformadores.

Fig. 8

E, como não poderia deixar de ser, os transformadores e toda a restante aparelhagem auxiliar de comando, protecção e medida têm acompanhado igualmente os avanços das outras máquinas e aparelhos, quer à custa da melhoria dos materiais utilizados, quer pela introdução de novas concepções científicas.

É de assinalar, no entanto, uma característica dominante na moderna arrumação da aparelhagem de medida, protecção e comando, consequência imediata da prèfabricação. Dos painéis dos quadros, desapareceu quase totalmente o uso dos mármores e das lousas, com as suas propriedades semi-isolantes, para imperar a folha de aço, com os elementos sob tensão completamente isolados das estruturas de suporte. Em lugar dos esqueletos metálicos ou das construções de alvenaria, para fixação dos painéis, toda a aparelhagem auxiliar, mesmo a mais pesada, como disjuntores e transformadores de medida, aparece montada agora sobre estruturas totalmente metálicas, formando conjuntos mais ou menos blindados e englobando as estruturas de suporte e os próprios painéis de vedação.

FLUIDOS AUXILIARES

Continua a ser a água o fluido auxiliar pràticamente universal empregado na transformação do calor em energia mecânica. Fizeram-se algumas experiências com o vapor de mercúrio, que tem, entre outras, a vantagem de possuir um peso específico elevado. Contudo, apesar do sucesso obtido nos ensaios, não se generalizou a sua aplicação, em grande parte talvez pela relativa facilidade com que a clássica turbina a vapor tem respondido às exigências crescentes dos construtores.

Como simples transmissores do calor, aparecem em primeiro lugar o ar e a água e, em seguida, o óleo e o hidrogénio.

Nos sistemas de condensação do vapor, a água é o único refrigerante usado.

Nas chumaceiras de maior responsabilidade, o óleo desempenha correntemente a dupla função de lubrificante e refrigerador. Encontramos novamente os óleos, também em dupla função, mas aqui de refrigeração e isolamento, nos tranformadores e disjuntores em banho de óleo. O arrefecimento dos óleos é obtido depois pela acção do ar ambiente, natural ou forçada, ou à custa de nova intervenção da água, em geral através de serpentinas.

Com idênticos auspícios aos da entrada do vapor de mercúrio no accionamento das turbinas, apareceu também o hidrogénio na refrigeração dos alternadores. Até há relativamente pouco tempo, era pràticamente o ar o único refrigerante usado para este fim, quer nos geradores de construção aberta, quer nos sistemas de circuito fechado. Mas o hidrogénio acabou por triunfar, visto ter já entrado na técnica corrente, sobretudo na América, onde o seu emprego se tornou normal, nos alternadores de potência superior a 25 000 kW.

NOTA FINAL

Todos os pontos foram tocados pela rama, como não podia deixar de ser.

Se é certo que pouco ultrapassámos o simples enunciado de alguns problemas, julgamos não ter iludido muito as intenções de início manifestadas.

Que nos perdoem, no entanto, os que esperavam ou desejavam mais.

Obs. — As figuras n.os 1, 2, 6, 7 e 8 foram extraídas de *O Engenheiro Westinghouse*, de Dezembro de 1950, cuja leitura recomendamos.

As realizações dentro do Plano de obras hidroagrícolas elaborado pela Junta Autónoma das Obras de Hidráulica Agrícola em execução da lei de reconstituição económica

PELO ENGENHEIRO CIVIL (I. S. T.) ARMANDO DA PALMA CARLOS
Antigo Administrador da «Técnica»

C. D. 626.8

Em execução da Lei n.º 1 914, de 24 de Maio de 1 935 (reconstituição económica), foi, em 1 937, organizado pela Junta Autónoma das Obras de Hidráulica Agrícola, um Plano de obras hidroagrícolas relativo a 20 aproveitamentos, beneficiando a área total de 106 000 hectares e compreendendo, em alguns dos aproveitamentos, a produção simultânea de energia eléctrica.

Dentro desse Plano, que foi aprovado pela Câmara Corporativa em 28 de Abril de 1 938 e incluiu aproveitamentos que já estavam em curso ou sendo projectados, consideraram-se obras visando os diversos objectivos técnico-económicos confiados à hidráulica agrícola, a saber:

a) Represamentos de águas e sua regular distribuição pelas terras, à medida das necessidades das culturas.

b) Aproveitamento das águas subterrâneas não repuxantes mediante a abertura de poços e a instalação de aparelhos elevatórios.

c) Enxugo das terras prejudicadas pelas águas excessivas.

d) Defesa dos campos contra as águas das marés ou que transbordam dos rios e cobrem as zonas marginais, causando nestas prejudiciais erosões ou assoreamentos. Como complementos compreende a regularização de caudais e o revestimento vegetal das encostas.

e) Aproveitamento da energia das quedas de água obtidas com as barragens destinadas a fins hidroagrícolas. Parte dessa energia tem utilização na elevação das águas para níveis de onde alcançarão terras que, doutra forma, continuariam áridas; a parte excedente é lançada na rede nacional de distribuição.

Com cada um dos aproveitamentos do Plano visou-se, em última análise, a valorização do património nacional, mediante o aumento da produção das terras, levando estas a empregar maior soma de trabalho e constituindo assim importante elemento de absorção do nosso elevado excesso demográfico e factor de subida do nível geral da vida.

A resenha da parte em que o referido Plano teve execução, durante o período em que foram enormes as dificuldades criadas, durante anos sucessivos, pela situação de guerra mundial, constitui motivo de incentivo a que se prossiga e amplie incansàvelmente uma Obra necessária à continuação do progresso de Portugal.

A descrição da grande maioria dos trabalhos efectuados encontra-se feita nos pormenorizados relatórios da Direcção da Junta Autónoma das Obras de Hidráulica Agrícola e outras publicações por esta elaboradas.

O objectivo deste artigo em que largamente se utilizam os elementos desses relatórios e publicações, é apresentar a posição em que nesta ocasião se encontram as realizações

dentro do Plano de Obras hidroagrícolas do País, fazendo-se sumárias referências aos principais elementos das obras presentemente em exploração ou agora em construção, na convicção de que da lembrança do que já se fez resulta sempre maior certeza da possibilidade e maior desejo de realização dos empreendimentos que a seguir importa também efectuar.

* * *

Já têm os estudos feitos e os projectos apresentados 15 das beneficiações consideradas no Plano de 1 937, cujas áreas irrigáveis totalizam 95 041 hectares (90 % da área abrangida no Plano), assim discriminados:

Números de Ordem	Obras	Hectares
1	Paúl de Magos	535
2	Paúl da Cela	455
3	Campos de Loures	737
4	Campos de Burgães	168
5	Campos de Alvega	422
6	Veiga de Chaves	1 070
7 e 8	Vale do Sado, 1.ª e 2.ª partes	9 613
9 e 10	Campina da Idanha	8 000
11	Vale de Campilhas	1 935
12	Campinas de Silves, Portimão e Lagoa	1 900
13	Vale do Sorraia	18 462
14	Vale da Vilariça	1 744
15	Campos do Mondego e de Cantanhede do Vouga	50 000
	Total	95 041

Na execução das obras entendeu-se, louvàvelmente, começar pelas relativas a pequenas ou médias superfícies beneficiadas, a fim de se obterem melhores condições para abordar depois as realizações de maior importância.

Dos 15 aproveitamentos anteriormente referidos, têm as obras já em exploração, através das respectivas Associações de Regantes e Beneficiários, os 9 seguintes, de área igual a 14 250 hectares:

— Paúl de Magos
— Paúl da Cela
— Campos de Loures
— Campos de Burgães
— Campos de Alvega
— Veiga de Chaves
— Vale do Sado, 1.ª e 2.ª partes
— Campina de Idanha, 1.ª parte (1 250 hectares)

Têm as obras presentemente em curso 3 outros desses aproveitamentos, de área igual a 10 585 hectares, a saber:

— Campina de Idanha, 2.ª parte (6 750 hectares)
— Vale de Campilhas
— Campinas de Silves, Portimão e Lagoa.

Uma outra obra, a do Vale do Sorraia, relativa a 18 462 hectares, encontra-se na fase preparatória e de recepção dos equipamentos necessários para a construcão, obtidos estes mediante ajudas directas do plano Marshall, que são extensivas às Obras de Campilhas e de Silves e atingem, já na presente ocasião, algumas dezenas de milhares de contos.

Em mapa junto está indicada a posição das obras em exploração e em realização, incluindo já a do Sorraia, às quais respeitam também os elementos do quadro seguinte, em que estão referidos os custos determinados para as obras concluídas e orçamentados para as obras restantes:

Aproveitamentos	Áreas beneficiadas (hectares)	Energia hidroeléctrica produzida (KWh)	Custos (milhares de escudos)
Paúl de Magos	535		9 465
Paúl da Cela	455		4 683
Campos de Loures	737		6 630
Campos de Burgães	168		4 210
Campos de Alvega	422		2 860
Veiga de Chaves	1 070		30 768
Vale do Sado, 1.ª e 2.ª partes	9 613	7 300 000	294 167
Campina de Idanha, 1.ª e 2.ª partes	8 000	7 060 000	120 086
Vale de Campilhas	1 935	540 000	67 275
Campinas de Silves, Portimão e Lagoa	1 900	1 700 000	100 625
Vale do Sorraia	18 462	20 000 000	131 250
Totais	43 297	36 600 000	1 072 019

Porque importa não parar, certamente logo que as obras agora em curso estejam em vias de conclusão, virão a entrar em execução as beneficiações, também de resultados económicos importantíssimos e certos, que se seguem no Plano de 1 937.

Entretanto serão igualmente objecto do maior interesse quer aproveitamentos para irrigação de zonas do Alentejo, quer a utilização de águas subterrâneas obtidas por meio de sondagens.

Em relação a cada uma das obras agora em curso e àquelas que têm sido realizadas desde que, em 1 934, foi iniciada a Obra do Paúl de Magos, sumariam-se seguidamente algumas indicações.

Diversos aspectos das obras estão documentados nas fotografias que se publicam.

PAÚL DE MAGOS

Esta obra compreende:

a) 1 barragem de terra cilindrada:
— Altura do coroamento da barragem acima do talvegue = 14 m.
— Altura máxima acima da base de fundação = 15 m.
— Desenvolvimento da crista = 695 m.
— Revestimento betuminoso no paramento de montante de barragem.
— Revestimento do paramento de jusante com plantação de bálsamo.

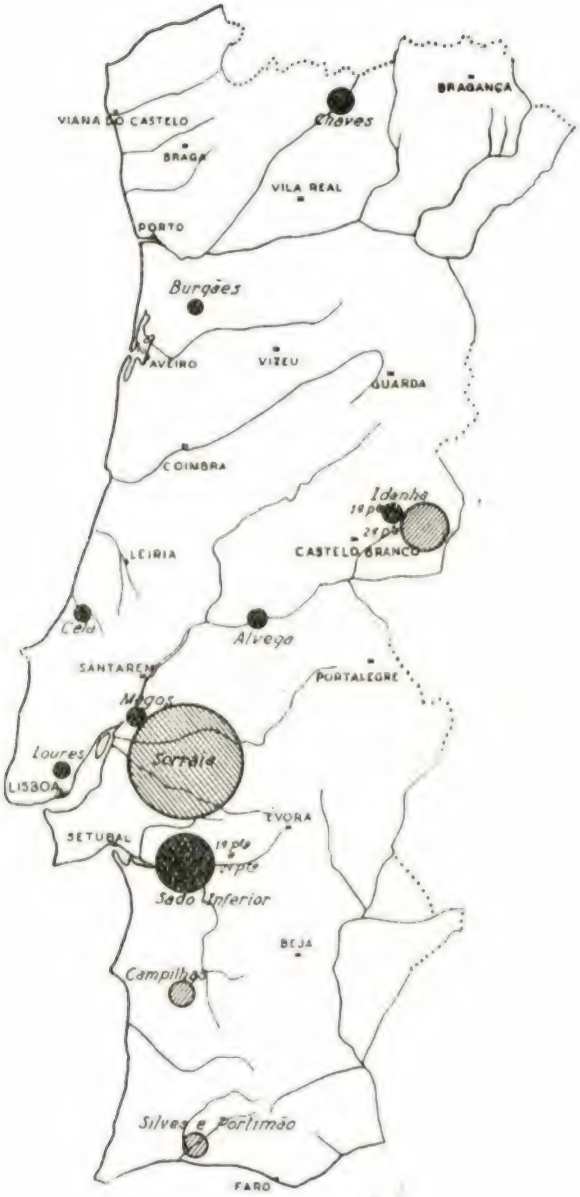
b) 1 dique ou valado de defesa, de comprimento igual a 1 797 m, feito de terra cilindrada.

c) 1 colector sobreelevado, para condução das águas de montante através do Paúl.

d) Valas de cintura ou guarda-matos.

OBRAS DE HIDRÁULICA AGRÍCOLA

Posição no final de 1950



LEGENDA

		Área beneficiada (Hectares)	Energia produtível (KWh/milhões)
Obras em exploração	●	14.250	14.36
Obras em curso	◍	10.585	2.24
Obras em começo e recepção de equipamentos	◍	18.462	20.00

e) 1 estação de bombagem destinada à rega da parte baixa do Paúl e do enxugo, quando não seja possível efectuá-lo por gravidade.

f) Rede de canais, pontes agrícolas e casas da administração e de cantoneiros.

PAÚL DA CELA

Esta obra compreende:

a) Regularização do leito do Alcoa, na parte do jusante, até à foz, de forma a comportar o caudal de 50 m^3/seg. em período de cheia.

b) 2 colectores sobreelevados, para condução para o Alcoa das águas altas afluídas ao Paúl.

c) Rede de enxugo e drenagem da parte baixa do Paúl, com colector de esgoto para o Alcoa, por gravidade, ou para estação de bombagem, quando o nível das águas do Alcoa não permita a descarga por gravidade.

d) 1 estação de bombagem destinada ao enxugo, com a descarga para um dos colectores sobreelevados.

e) Sistema de rega, pontes agrícolas e serventias, casas da administração e de cantoneiros.

CAMPOS DE LOURES

Esta obra é constituída por:

a) Regularização dos leitos da ribeira de Sacavém e dos rios de Trancão, Póvoa e Loures, com construção de diques marginais de defesa, para evitar a inundação dos terrenos marginais.

b) Rede de valas de enxugo.

c) Desvio da águas de diversos ribeiros de forma a passarem directamente para os rios principais, em todas as condições de caudal, as águas das cheias, que são assim tiradas da várzea.

d) Canal de dessalgamento e rega com derivação do rio Loures.

e) Caminhos e pontes agrícolas, casas da administração e de cantoneiros.

CAMPOS DE BURGÃES

Nesta obra há a distinguir os seguintes elementos:

a) Barragem Duarte Pacheco, no sítio do Castelo, para represamento das águas do Caima.
— Barragem de perfil de gravidade, feita de alvenaria hidráulica.
— Altura acima do talvegue = 23 metros.
— Altura total = 27 metros.
— Comprimento do coroamento = 70 metros.
b) Dique misto de terra e enrocamentos com núcleo central de alvenaria hidráulica.
c) Açude derivador das águas para o Canal Novo de Burgães).
d) Canais de rega (canais Velho e Novo de Burgães.
e) Adaptação ao regadio.

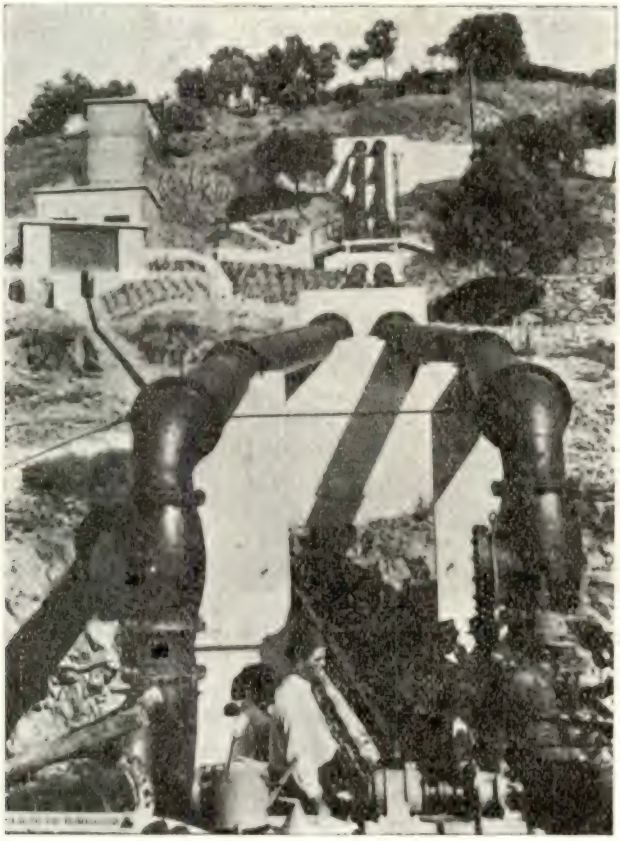


Foto 1 — Estação de bombagem de Alvega

CAMPOS DE ALVEGA

As obras primárias construídas para rega dos campos de Alvega são:

a) Estação de bombagem para rega, instalada na margem esquerda do rio Tejo. É provida de 2 grupos electro-bombas capazes de elevarem o caudal de 1 000 litros/segundo à altura de 28,50 m.

b) 2 canais de rega revestidos de formigão e equipados com repartidores e reguladores de nível: o canal de Alvega tem um ramal para a várzea e o canal da Lezíria compreende um sifão invertido para travessia do leito velho do Tejo.
c) Rede de canais secundários e terciários servindo toda a área beneficiada.
d) Diques de enateiramento no leito velho do Tejo.
e) Pontes agrícolas, rede telefónica de exploração e casas da administração e de cantoneiros.

VEIGA DE CHAVES

As obras realizadas são, em linhas gerais:

a) Derivação do Tâmega por meio de açude galgável, feito de alvenaria hidráulica capeada de cantaria de granito e tendo 5,76 m no perfil de maior altura.

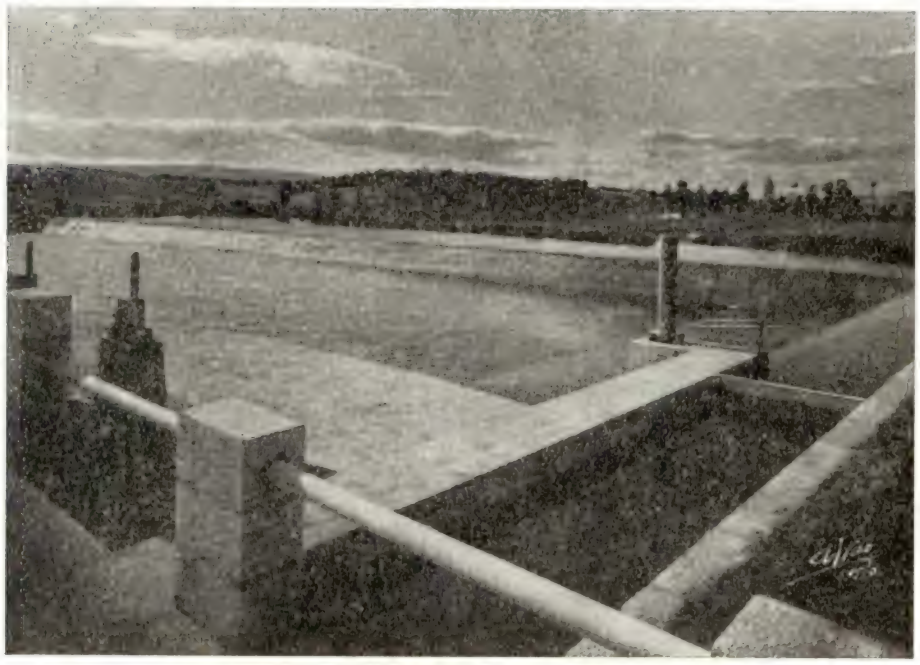


Foto 2 — Tomada de água do canal de rega da Veiga de Chaves

b) Canal de rega, com desenvolvimento de 12 km, revestido de formigão armado.
c) Rede de adaptação ao regadio, com desenvolvimento de 62 km.
d) Vala de enxugo da ribeira de Faiões, aberta com descarga no rio Tâmega.
e) Pontes agrícolas e casas de cantoneiros.

VALE DO SADO

Na obra de rega do Vale do Sado foram executadas duas barragens (barragem Salazar, no Pego do Altar e barragem de Vale do Gaio), uma e outra as de maior altura do seu tipo até hoje construídas na Europa.

A barragem Salazar é de enrocamentos, com cortina metálica de impermeabilização na face de montante, apoiada sobre camada pouco espessa de formigão simples, assente este sobre alvenaria hidráulica; tem muro corta-águas com galeria visitável, a partir da qual foram efectuadas as injecções de impermeabilização do terreno de fundação.

GABINETE DE ESTUDOS HIDRÁULICOS

ORGANIZADO EM 1945

Telefones 4 5451 e 5 3873 — Rua Rodrigo da Fonseca, 62-4.º D.to — LISBOA

ABASTECIMENTOS de ÁGUA

Direcção do
Eng.º Ferreira Chaves

Alguns trabalhos realizados:

Abastecimento de Água de Setúbal.

Ampliação do Abastecimento de Água do Funchal (Plano Geral).

CAPTAÇÕES SUBTERRÂNEAS
SONDAGENS

Direcção do
Eng.º Augusto Cavaco

Alguns trabalhos realizados:

Estação de Valada (Comp.ª das Águas de Lisboa).

Captações do Canário (S. Miguel — Açores).

TRABALHOS MARÍTIMOS
FUNDAÇÕES

Direcção do
Eng.º Vasco Costa

Alguns trabalhos realizados:

Estudo de obras acostáveis (Figueira da Foz e S. Tomé).

Fundação flutuante sobre lôdos (Sacavém).

APROVEITAMENTOS
HIDRO-AGRÍCOLAS
E
HIDRO-ELÉCTRICOS

—

"APAGEL"

Direcção do
Eng.º Barrancos Vieira

Alguns trabalhos realizados:

Rega (projectos e execução):

Aprov. Hidro-Agrícola de Vale de Moura (Rega de 250 ha).

Aprov. Hidro-Agrícola de Mercês (Rega de 40 ha).

Energia (projectos):

Aprov. Hidro-Eléctrico do Biópio (Angola).

Obras de Derivação e Central Subterrânea de Salamonde (Cávado).

PRODUTOS
DYRUP

TINTAS E VERNIZES
TIPO AMERICANO

FÁBRICA DE
TINTAS DE SACAVÉM
S. A. R. L.

SACAVÉM — PORTUGAL

TEL. { SACAVÉM 105
LISBOA 42651 42156

Companhia União Fabril
Sede: Rua do Comercio, 49
LISBOA

O MAIOR AGRUPAMENTO INDUSTRIAL DA PENINSULA IBÉRICA

Fábricas em:
Alferrarede, Barreiro, Canas de Senhorim, Lisboa, Mirandela, Óbidos, Porto, Soure e Vila Nova de Gaia.

Superfosfatos, Sulfatos de Cobre, Enxofre, Sabões, Acidos, Oléos industriais e alimentares, Azeites, Torteame, Sacarias, Grossarias, Fios, Carpetes e Mangueiras.

Oficinas de:
Construções metalicas, Mecânica geral de Automoveis e Engrenagens

Fundição de:
AÇO, FERRO E OUTROS METAIS

Construção Naval
(Arrendataria do estaleiro naval da A. G. P. L.)

Metalurgia de Ouro e Prata — Refinação electrolitica

Sociedade Portuguesa Cavan
R. D. ESTEFÂNIA, 42 ~ TELEF. 47812-50129 ~ LISBOA E PORTO

Respeitam-lhe os seguintes elementos mais característicos:

— Altura máxima acima da fundação do muro corta-águas 62,76 m.
— Desenvolvimento no coroamento: 192 m.
— Largura no fundo (do muro corta-águas ao poço de drenagem): 176,50 m.
— Jorramentos: montante, na cortina metálica, 1,25:1; jusante 1,4:1, com três banquetas de larguras respectivamente iguais a 2, 2,5 e 3 m.
— Terreno de fundação: xistos do devónico, fortemente enrugados e bastante fracturados.
— Volume saneado: 118.197 m^3.
— Tonelagem e volumes de enrocamentos:

Tonelagem	648.672 toneladas
Volume medido na barragem.	371.113 m^3
Densidade média da pedra (pórfiro).	2,665
Volume de enrocamentos sem vazios	243.445 m^3
Percentagem geral de vazios	34,4.

Foto 3 — Cortina metálica estanque da barragem Salazar

— Cortina metálica estanque feita de chapas de aço, com percentagem de cobre igual a 0,28 %, com espessuras de 5/16″ e 1/4″ e soldadas. É fixada ao longo do muro corta-águas e livre na sua parte superior. Tem juntas de dilatação segundo a linha de maior inclinação do paramento. Está protegida pela aplicação de emulsão betuminosa flint Kot.

— Injecções de cimento no muro corta-águas e outras totalizando:

— Furação em formigão	998,90	m
— Furação em xisto	2 263,46	m
— Reperfuração	926,79	m
— Cimento injectado	1 174,267	T

— Capacidade utilizável da albufeira: 94 milhões de m^3.
— Descarregador de superfície para caudal de cheia igual a 1 200 m^3/seg.
— Central de pé de barragem equipada com uma turbina Kaplan de 2 720 CV.

A barragem de Vale de Gaio é de tipo misto, de terra a montante e enrocamentos a jusante, com muro corta-águas de galeria visitável e cortina asfáltica de impermeabilização entre a terra e os enrocamentos.

Foto 4 — Barragem de Vale de Gaio, vista de juzante

Os seus elementos mais característicos são os seguintes:

— Altura máxima acima da fundação do muro corta-águas: 51 m.
— Desenvolvimento no coroamento: 368 m.
— Largura da base: aterros, 108,00 m; enrocamentos, 120,55 m; total 228,55 m.
— Jorramentos: montante, no maciço de terra, 3 : 1, com uma banqueta de largura máxima igual a 42,5 m, a qual é resultante da incorporação da ensecadeira de montante no corpo da barragem; jusante, 1,4 : 1, com 2 banquetas de larguras respectivamente iguais a 3 e 4 m.
— Terreno de fundação: xistos cloríticos do devónico, recobertos nas encostas por grés oligocénico quartsoso.
— Volume saneado: 228.000 m^3.

— Aterros cilíndrados pelo processo de Proctor, tendo volume total de 330.000 m³.
— Tonelagem e volumes de enrocamentos:

Tonelagem	591 369 toneladas
Volume medido na barragem	305 762 m³.
Densidade média da pedra (diorite) . . .	2,85
Percentagem geral de vazios.	32,1

— Cortina asfáltica situada entre os aterros e os enrocamentos, sendo o paramento de montante destes construídos com inclinações variando de baixo para cima desde 0,777 : 1 a 0,679 : 1. Assenta sobre camada de formigão poroso de 0,10 m de espessura, aplicada sobre alvenaria hidráulica. Tem espessura variável de 0,20 m na base a 0,10 no coroamento.

A aplicação do formigão asfáltico fundido teve lugar à temperatura de 200° C.

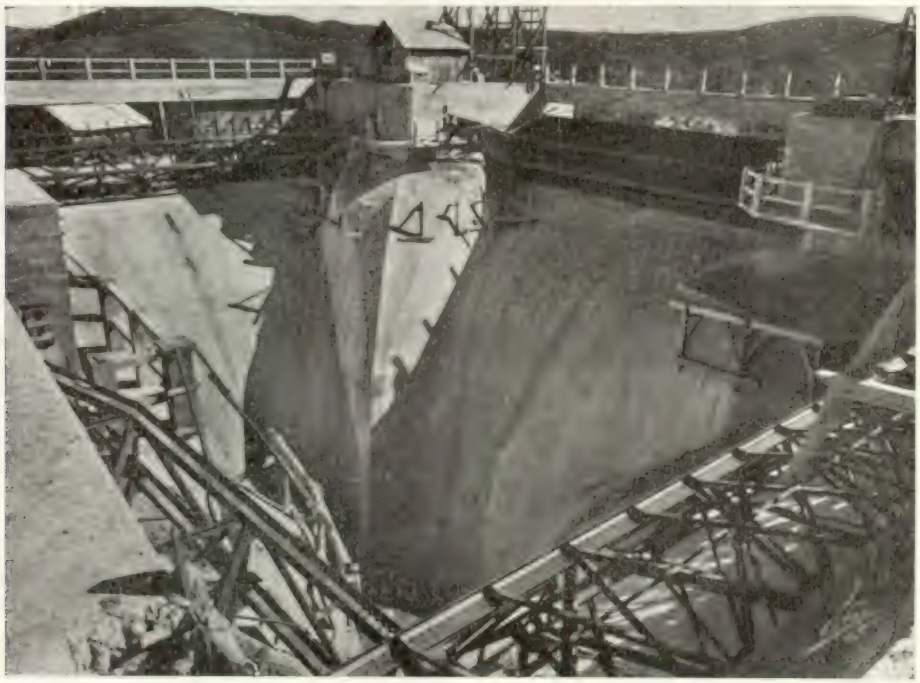


Foto 5 — Albufeira do Pego do Altar. Descarregador de superfície. Comportas

— Injecções de cimento no muro corta-águas totalizando 1.391 m de perfuração e 163 toneladas de cimento injectado.
— Capacidade utilizável da albufeira: 62,6 milhões de m³.
— Descarregador de superfície para caudal de cheia igual a 1 000 m³/seg.
— Central de pé de barragem equipada com uma turbina Kaplan de 1 410 CV.

A rede de canais da rega do Vale do Sado tem a extensão de 126,230 Km, compreendendo algumas importantes obras de arte, como os túneis de Vale Matança (4,121 Km de desenvolvimento), da Barrosa e de Santa Catarina, os sifões do Senhor das Chagas (sob o Sado) e de Santa Catarina e as pontes canais de Benagazil, Senhor das Chagas e outras.

Essa rede é completada pela da adaptação ao regadio.

Como nas demais obras, foram construídas as casas da administração e para habitação de cantoneiros.

CAMPINA DA IDANHA

Também na obra de rega da Campina de Idanha foi construída uma importante barragem, a Barragem Marechal Carmona, à qual se referem os seguintes elementos:

— Tipo: barragem perfil de gravidade, construída de formigão de granulometria contínua de Bolomey.

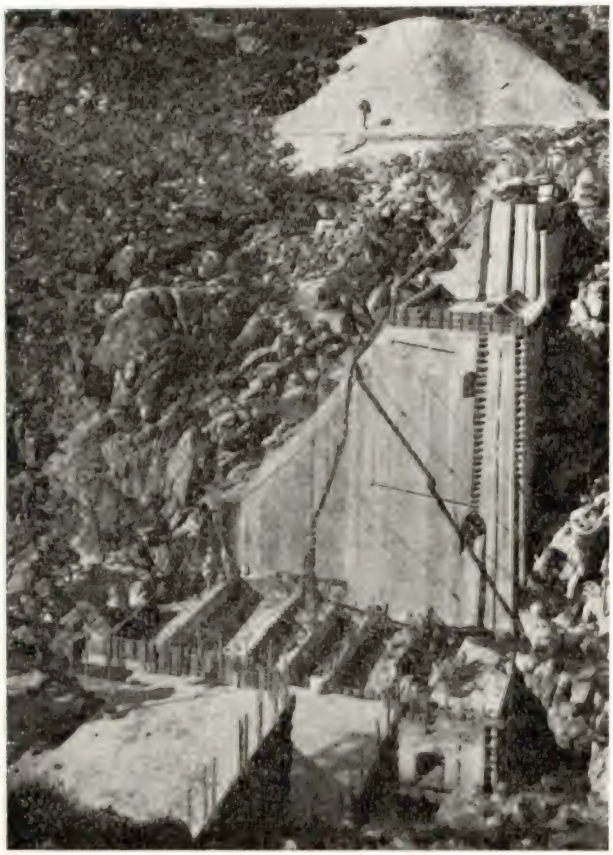


Foto 6 — Um aspecto da barragem Marechal Carmona durante a sua construção

— Altura máxima da barragem: 53:50 m.
— Desenvolvimento no coroamento: 143 m.
— Jorramentos: montante 0,05; jusante 0,75.
— Terreno de fundação: granito
— Volume saneado: 32 000 m^3
— Volume de formigão:

De 300 kg de cimento.	20 520 m^3
» 275 » » »	17 200 »
» 175 » » »	28 588 »
Total	66 308 »

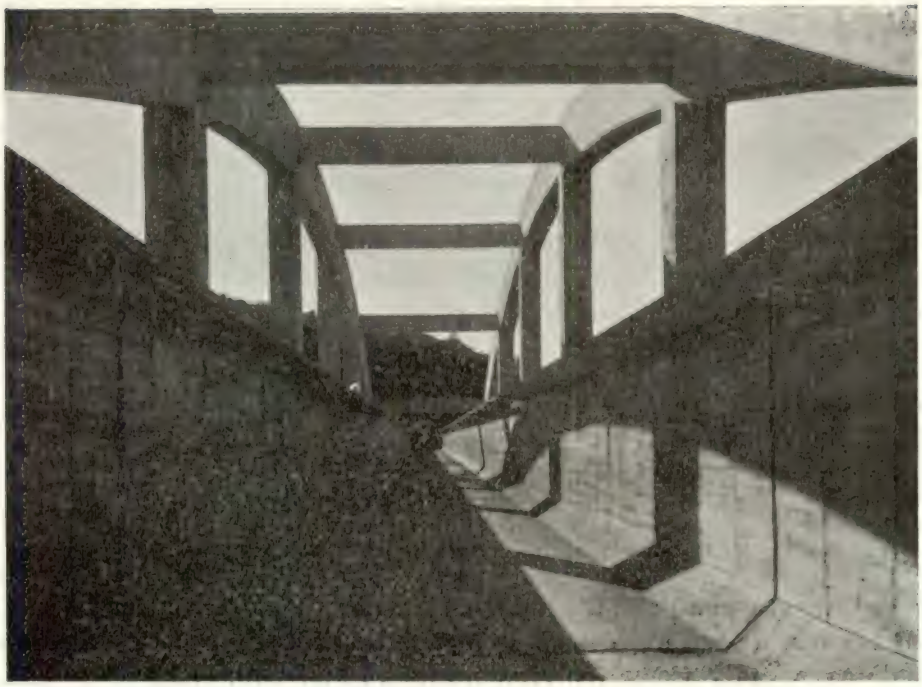


Foto 7 — Ponte canal sobre a linha de água a jusante do descarregador da albufeira, no condutor geral

Foto 8 — Canal de rega com revestimento Rosacometta

— Injecções de cimento de impermeabilização e ligação e furos de drenagem, a partir da galeria de fundo, totalizando 673 m de perfuração e 109 toneladas de cimento injectado.
— Capacidade utilizável da albufeira: 77 milhões de m^3.
— Descarregador de superfície para caudal de cheia igual a 800 m^3/seg.
— Central de pé de barragem equipada com uma turbina Kaplan de 3.020 CV.

A rede de canais de rega tem desenvolvimento de 114,457 Km, sendo 3,180 Km em túnel. É completada pelas regadeiras da adaptação ao regadio.

Há nesta obra 2 estações de bombagem de rega: a do Ladoeiro e a do Aravil.

VALE DE CAMPILHAS

A barragem de Campilhas, presentemente em construção, é de terra, com núcleo central semi-rígido feito de formigão contendo uma estrutura metálica.

As suas principais características são:

— Altura acima do leito da ribeira: 28 m.
— Altura máxima: 35 m.
— Desenvolvimento no coroamento: 692 m.
— Espessura na base: 192 m.
— Jorramentos: montante 3:1, jusante 2,5:1, com 2 banquetas.
— Volume de aterros: 636.182 m^5.

O aproveitamento compreende uma central de pé de barragem, sendo parte da energia produzida consumida nas estações elevatórias de Campilhas e S. Domingos.

A rede de canais tem o desenvolvimento de 44,905 Km.

CAMPINAS DE SILVES, PORTIMÃO E LAGOA

A barragem de Arade, onde está feito o saneamento da fundação e estão sendo ultimados os trabalhos preparatórios de exploração das pedreiras, será do tipo da de Vale de Gaio, portanto de perfil misto de terra e enrocamento, com cortina intermédia de formigão asfáltico.

Tem as seguintes características mais importantes:

— Altura acima do leito da ribeira: 42,50 m.
— Altura acima do ponto mais baixo da fundação: 49,50 m
— Desenvolvimento no coroamento: 252 m
— Espessura na base: 216 m
— Jorramentos: do maciço de terra, a montante, 3:1; do enrocamento, a montante, 0,75:1; do enrocamento, a jusante, 1,4:1.

A obra compreende a produção de energia eléctrica em central de pé de barragem, estações de bombagem e uma extensa rede de canais, alguns já em adiantada fase de construção.

VALE DO SORRAIA

Na obra do Vale do Sorraia, para que estão sendo recebidos importantes equipamentos, os recursos hidráulicos são assegurados por 2 albufeiras: a do Maranhão tem 47 m de altura, armazena 127 milhões de m^3 e é criada por barragem de terra e núcleo de formigão; a de Montargil tem 34,5 m de altura, armazena 92,4 milhões de m^3 e é obtida por barragem de terra e núcleo argiloso.

O sistema de rega compreende diversos canais que dominam os 18 462 hectares a regar nos vales do Tejo e do Sorraia. Os canais de montante são alimentados num açude derivador feito no rio Sorraia, a montante de Benavente.

A obra compreende ainda a defesa e enxugo dos terrenos da Lezíria de Vila Franca de Xira.

APROVEITAMENTOS HIDROELÉCTRICOS NO PAÍS

EVOLUÇÃO E ESTADO ACTUAL

PELO ENG.º CARVALHO XEREZ
Antigo Director da «Técnica»

C. D. 621.311.21

Muito se tem escrito, ùltimamente, sobre aproveitamentos hidroeléctricos, correndo o risco de se repetir quem procure tratar de novo este assunto. O significado deste número da *Técnica,* obriga-me, no entanto, a apresentar algumas ideias, muito gerais, sobre tão importante problema.

Foi em 1 909 que, na zona mais pluviosa do centro do País — o maciço da Serra da Estrela —, entrou em exploração a primeira central hidroeléctrica chamada Senhora do Desterro, com águas derivadas do rio Alva e uma potência instalada de 3 300 CV distribuída por 4 grupos. Seguiram-se no mesmo rio, para jusante, as centrais de Ponte de Jugais e Vila Cova e, para montante, a central do Sabugueiro, ao mesmo tempo que se sentia a necessidade da criação de reservas de água, que foram obtidas na Lagoa Comprida com uma barragem de altura sucessivamente aumentada, até se atingir, no estado actual, uma albufeira com uma capacidade de 12 milhões de m. c. Outras albufeiem diferentes linhas de água do maciço da Serra da Estrela têm sido ùltimamente criadas e vão aumentar em 50 % aquelas reservas, aproveitadas numa queda total média de 1 200 m, representando, assim, uma reserva de energia estival de 40 milhões de kWh, isto é, cerca de 50 % da produção anual do sistema. A referida central da Senhora do Desterro, velha de 40 anos, vai ser totalmente modificada, substituindo-se os 4 grupos por um único de 10 000 CV, isto é, 3 vezes a potência inicial.

Esta descrição mostra-nos como evolucionaram as condições do aproveitamento da energia das águas, desde o simples aproveitamento a fio de água numa central com muitos grupos de pequena potência, até à criação de albufeiras de regularização e montagem de uma nova central com muito maior potência e redução do número de grupos.

Treze anos após a entrada em serviço desta primeira central no maciço da Serra da Estrela, inicia-se a exploração de um aproveitamento, designado por Lindoso, na zona mais pluviosa do norte do País, a bacia do Lima, e decorridos mais 2 anos cabe a vez à zona sul, onde entra em serviço a central da Bruceira na ribeira de Niza, que está situada numa zona de alguma pluviosidade em relação às fracas possibilidades hidrológicas dos rios ao sul do Tejo. Na ribeira de Niza constróiem-se novos escalões para um completo aproveitamento e cria-se a albufeira da Póvoa de 22 milhões de m. c , representando uma reserva estival de 10 milhões de kWh.

No rio Lima não se estabeleceu até agora qualquer albufeira de regularização, por dificuldades resultantes de inundação de terrenos em Espanha. O aproveitamento tem funcionado a fio de água, com apoio térmico, e ùltimamente foi criada a albufeira de Conchas em Espanha que realiza uma certa regularização de caudais; estas condições têm permitido o aumento da potência instalada desde 10 000 CV em 1 922 até 60 000 CV em 1 947, com as correspondentes ampliações nas obras de condução, câmara de carga e condutas forçadas, estando agora em instalação um 5.º grupo de 40 000 CV.

Em cada uma destas três zonas, foram-se estabelecendo novos aproveitamentos de menor importância — Varosa na zona norte, Alforfa na zona centro — e outros mais importantes onde se procurou realizar reservas estivais de certa grandeza: o Ermal na zona norte e Santa Luzia na zona centro. O sistema do Ermal faz o aproveitamento do rio Ave em vários escalões, com regularização de caudais obtida na albufeira de Guilhofrei de capacidade útil igual a 21 milhões de m. c., a que correspondem 8 milhões de kWh de reserva estival. O aproveitamento de Santa Luzia foi essencialmente concebido para criação de reservas estivais, com a sua albufeira de 50 milhões de capacidade útil, correspondente a uma reserva de energia de 30 milhões de kWh, valor que tem agora a garantia conseguida com a derivação das águas da bacia do Ceira para a do Pampilhosa onde foi criada a albufeira.

Esta breve exposição dos mais importantes aproveitamentos em exploração mostra-nos a preocupação dominante de criar reservas de energia estival, em virtude da irregularidade do regime de caudais dos nossos rios, reservas que podem atingir um total de 88 milhões de kWh para uma produção anual possível de 400 milhões. Essas reservas ainda não são suficientes, o que tem sido compensado, em parte, pelo apoio permanente das centrais térmicas do Norte.

No Quadro I vão indicados os esquemas e características principais, incluindo a produção em 1 948, dos aproveitamentos a que acabamos de fazer referência.

Passemos agora à análise das realizações em curso, no domínio já dos grandes sistemas produtores, e também do que é possível realizar no futuro.

As possibilidades hidroeléctricas totais do País estão avaliadas pelos Serviços Hidráulicos em cerca de 8 000/9 000 milhões de kWh anuais, dos quais 7 000 são permanentes, desde que se disponha de grandes reservas de energia estival para efeitos de uma boa compensação dos aproveitamentos de baixa queda nos rios Tejo e Douro, especialmente neste último.

São estas reservas que, dadas as nossas deficientes condições hidrológicas, permitirão garantir o melhor aproveitamento das possibilidades hidroeléctricas do País. As mais importantes albufeiras foram previstas no Cávado, no Lima, no Sabor, no Paiva, no Coa, no Zêzere, no Ocreza e no Guadiana, além de outras ainda não perfeitamente reconhecidas; são de considerar, também, as albufeiras estabelecidas no país vizinho, nos rios Minho, Lima, Douro, Tejo e Guadiana e de que nós beneficiamos através do aumento do caudal permanente desses rios.

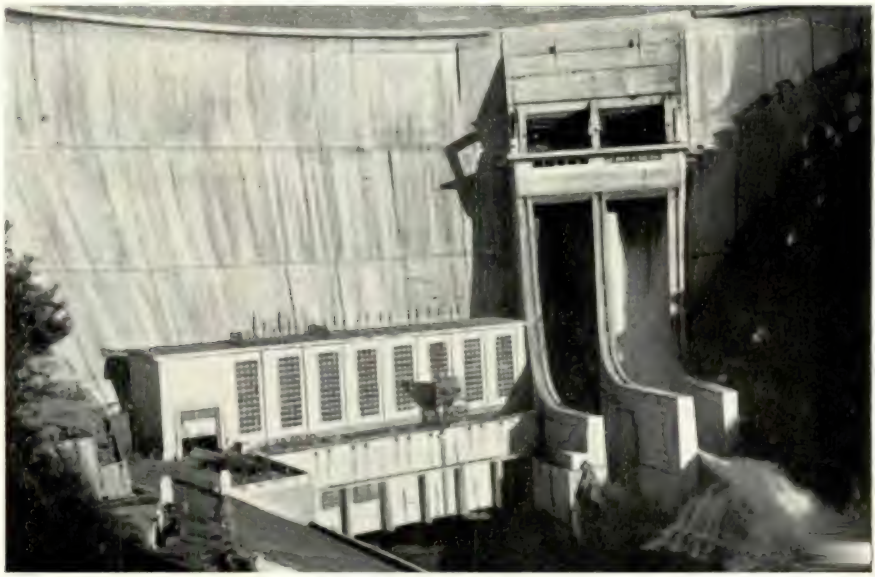
As referidas reservas podem avaliar-se em 80 milhões de kWh no Lima, 240 no Cávado, 900 nos afluentes (Coa, Sabor, Távora, Paiva, Tâmega) do Douro contando com a queda aproveitada no troço nacional a jusante de cada um dos afluentes, 100 no Mondego, 370 no Zêzere, 50 no Ocreza e 120 no Guadiana.

É possível assim considerar, no total dos 7 000 milhões de energia permanente, uma reserva global nas albufeiras da ordem de 2 000 milhões, condições que nos levam a concluir não ser prudente perder nenhuma possibilidade na criação daquelas albufeiras, embora possa vir a suceder que, nas sucessivas fases da realização de aproveitamentos, a relação entre a produção e as reservas não seja sempre a óptima.

No Quadro II apresentam-se os esquemas, actualmente melhor definidos, que se prevêem para os aproveitamentos nos principais cursos de água, com a indicação das possibilidades de energia em ano médio que, no caso do Douro, não têm em conta o aumento de regularização dos caudais pela criação de albufeiras nos afluentes. A estes, há a juntar o Minho, o Sabor, o Távora, o Tâmega, o Mondego e outros ainda não reconhecidos.

A potência a instalar em todas as centrais previstas tem um valor global de 2 200 kWh, o que corrresponde a uma utilização de cerca de 3 000/4 000 horas.

CASTELO DO BODE



VISTA DE JUZANTE, COM PASSAGEM DE UM CAUDAL DE 150 m.c./seg PELO CANAL DO EVACUADOR

JANEIRO 1951

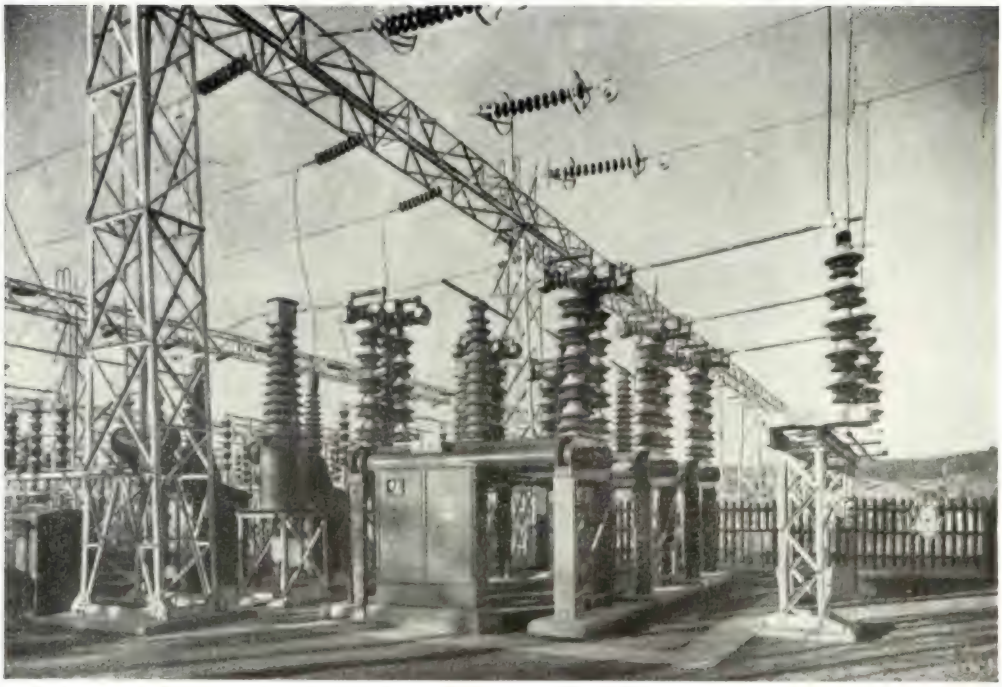
VISTA DE JUZANTE, MARGEM DIREITA, COM O ENCONTRO EM PRIMEIRO PLANO

JANEIRO 1951

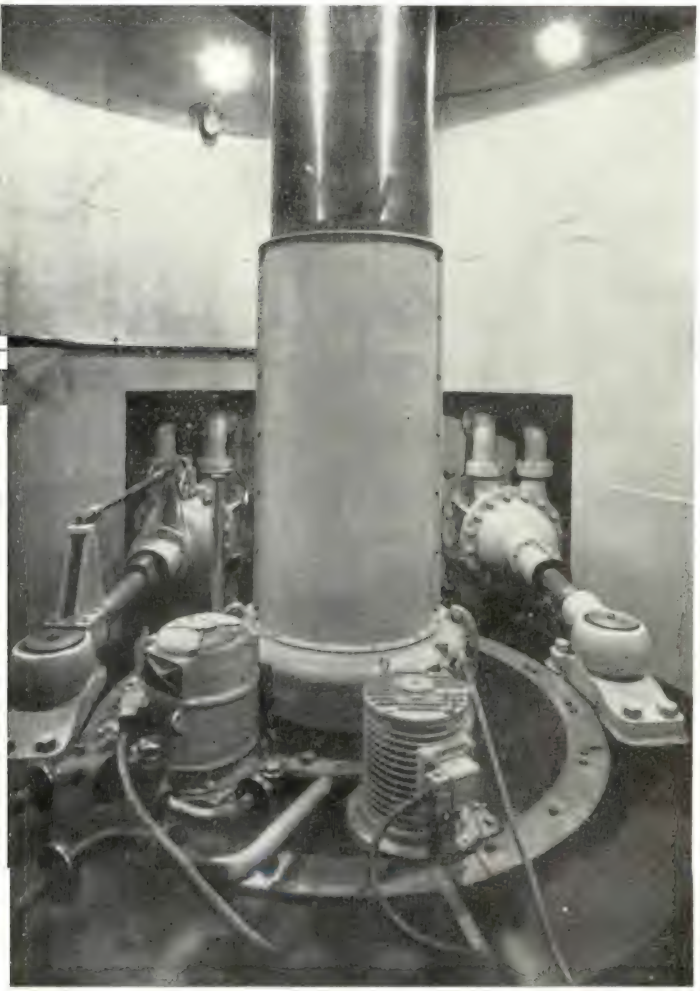
VISTA DE MONTANTE, COM AS ENTRADAS DO EVACUADOR Á ESQUERDA

SETEMBRO 1950

CASTELO DO BODE



VISTA DOS DISJUNTORES DE 150 KV NA SUB-ESTAÇÃO — JANEIRO 1951



VISTA DO VEIO DO GRUPO I E ORGÃOS ACESSÓRIOS DA TURBINA — JANEIRO 1951

VISTA DO GRUPO I EM SERVIÇO E DO ROTOR DO GRUPO II — JANEIRO 1951

Na maioria dos esquemas de aproveitamento, foi possível isolar o problema hidroeléctrico dos restantes problemas hidráulicos da bacia, por ele ser o dominante, o que permitiu um fácil estabelecimento do programa de realizações dentro das necessidades da rede eléctrica nacional, embora se considerasse também o benefício resultante para a rega, navegação e defesa contra as cheias. Na ordem de execução desse programa atendeu-se à conveniência de criar um grande sistema produtor no centro — o Zêzere — e outro no norte — o Cávado — e dentro de cada bacia deu-se prioridade ao escalão que melhor satisfazia a cada caso, considerando a quantidade de energia produzida, as respectivas condições económicas e o estado de adiantamento dos estudos.

No Zêzere, começou-se por jusante, visto que, em relação a Castelo do Bode, não só os estudos estavam mais adiantados e definidos e os acessos eram mais fáceis, como também era o escalão que, isoladamente, poderia dar maior quantidade de energia a melhor preço, como na realidade se demonstrou: 300 milhões de produção anual média a 2$00/kWh anual [1] e $21/kWh nas barras da central. O escalão do Cabril, se não surgirem factos imprevisíveis, manterá o custo do kWh, pois o aumento de produção no conjunto resulta da sua produção própria e do acréscimo da energia em Castelo do Bode, o que dá um total de 270 milhões; mas se tivesse sido construído em primeiro lugar, o custo do kWh seria mais elevado e a produção própria avaliada em 190 milhões seria insuficiente para a primeira fase.

No Cávado, foi necessário começar por montante, visto que é o escalão de Venda Nova que permite não só obter a necessária produção anual na primeira fase — cerca de 150 milhões de kWh —, como também criar uma razoável reserva de energia estival igual a cerca de metade da produção anual. O escalão de Salamonde, a construir a seguir, virá a beneficiar desta reserva, o que se traduzirá em melhoria das condições económicas do conjunto.

Na zona centro, há a juntar ao Zêzere o sistema do Tejo-Ocreza, cujas possibilidades em energia temporária permitirão uma melhor utilização das albufeiras do Castelo do Bode e Cabril.

Terminados os primeiros escalões destes três sistemas produtores e independentemente de as condições financeiras do País e o estado de adiantamento dos estudos e projectos aconselharem ou não o início imediato da execução das obras do escalão de Carrapatelo no Douro nacional, parece indicado que as empresas concessionárias daqueles sistemas continuem activamente o seu programa de trabalhos, para aumento das possibilidades de produção e, geralmente, melhoria no conjunto do custo do kWh nas barras das centrais; além da melhor e completa utilização das linhas de transporte, especialmente as construidas e em construção a 150 kV, com a consequente redução nas tarifas da energia em alta tensão posta nos centros consumidores.

O aparecimento de anos excepcionalmente secos nos últimos dez anos veio alterar certas considerações feitas anteriormente sobre o problema da produção hidráulica, mas não nos parece que a revisão dessas considerações possa modificar as condições previstas para a realização dos aproveitamentos. Assim, quanto à criação de grandes reservas de energia estival, já vimos que, em relação a uma provável produção média de energia em todo o País, a correspondente reserva total não é exagerada, embora, evidentemente, se estas considerações se fizessem para um ciclo seco com uma produção média inferior àquela, a questão já não pudesse ser encarada do mesmo modo. É claro que as considerações devem ser feitas em relação a um período longo de anos correspon-

---

[1] Em França, o custo médio de aproveitamentos com albufeiras de regularização anual é, ao câmbio actual, de 4$00.

dente à referida produção média e neste caso já o problema da reserva estival se apresenta conforme expusemos.

A ordem de construção dos aproveitamentos, tendo em conta a eventualidade de longos períodos secos, poder-nos-ia conduzir a encarar a hipótese mais lógica de não concentrar os programas na mesma bacia hidrográfica, mas isso traria inconvenientes, principalmente a dispersão dos centros de produção e a consequente menor utilização das linhas de transporte.

Não nos parece fácil, em face do carácter especial destes problemas, demonstrar qual será o melhor programa de realizações e quais devem ser as melhores condições dos esquemas, e por isso o caminho a seguir será o de estabelecer e cumprir um plano — que poderá não ser o óptimo —, certos de que não se errará muito quanto ao estado final do melhor aproveitamento das nossas possibilidades hidroeléctricas.

Dissémos que os últimos anos secos vieram alterar certas considerações anteriores sobre o problema hidroeléctrico: queremos referir-nos à conjugação com centrais térmicas. De facto, em anos excepcionalmente secos, do tipo 1 945 ou 1 949, não é possível, mesmo com a conjugação entre aproveitamentos a fio de água nos rios Douro ou Tejo e as albufeiras, satisfazer o indispensável nível mínimo de consumo — por um lado, as albufeiras não chegarão a encher-se, reduzindo-se assim as reservas estivais e por outro lado as possibilidades de produção daqueles aproveitamentos a fio de água serão muito diminutas.

Teremos, irremediàvelmente, de recorrer às centrais térmicas, na medida em que quisermos aceitar restrições de consumo em anos do tipo atrás mencionado, problema que, nesta primeira fase de realizações, se pode considerar perfeitamente resolvido com as actuais centrais. Quanto à segunda fase, que vai ser agora iniciada, o problema voltará a apresentar-se, salvo se for possível adiantar o programa de obras hidroeléctricas, de modo a conseguir-se uma produção em ano médio superior ao consumo, condições que, no aspecto económico, devem ser comparadas com as resultantes do aumento da potência térmica.

Entre todas as obras em construção ou projectadas, adoptaram-se os mais variados tipos de esquemas de aproveitamento (Quadro III): os de alta queda, como o de Venda Nova, com conduta forçada e central exteriores; os de média queda com obras de derivação e central subterrâneas, como em Salamonde; os de média queda, como Castelo do Bode, com albufeira de grande capacidade e central de pé de barragem; os de baixa queda, como Belver, com barragem de comportas e central lateral.

O aproveitamento de Venda Nova representa um tipo clássico, cuja tendência actual, já muito generalizada no estrangeiro, consiste em tornar a conduta e a central subterrâneas. Há vantagens sob o ponto de vista militar e geralmente, também, verificam-se economias nestas novas soluções, dependendo, evidentemente, do custo dos trabalhos subterrâneos em relação aos a céu aberto; há casos mesmo em que o acidentado do terreno segundo o traçado da conduta forçada obriga a adoptar a solução de a tornar subterrânea. No aproveitamento de Salamonde já se aceitou um arranjo de harmonia com esta tendência e certamente que noutros casos, como no escalão de montante do Côa, se irá para idêntica solução.

O aproveitamento de Castelo do Bode é do tipo clássico de central pé de barragem, que se repetirá nos outros escalões de montante, e foi também adoptado em Pracana, e cujas variantes de arranjo dos vários órgãos dependem de muitos factores, conforme adiante examinaremos.

O aproveitamento de Belver é do tipo clássico de baixa queda, caracterizado pelo grande caudal de cheia, de 18 000 m. c./seg., para que foram dimensionadas as compor tas, num total de doze do tipo duplo, com 17 metros de vão e 14 de altura.

VENDA NOVA

VISTA DE MONTANTE
DA BARRAGEM

DEZEMBRO 1950

VISTA DA
CONDUTA FORÇADA,
CENTRAL E
SAIDA DA LINHA

DEZEMBRO 1950

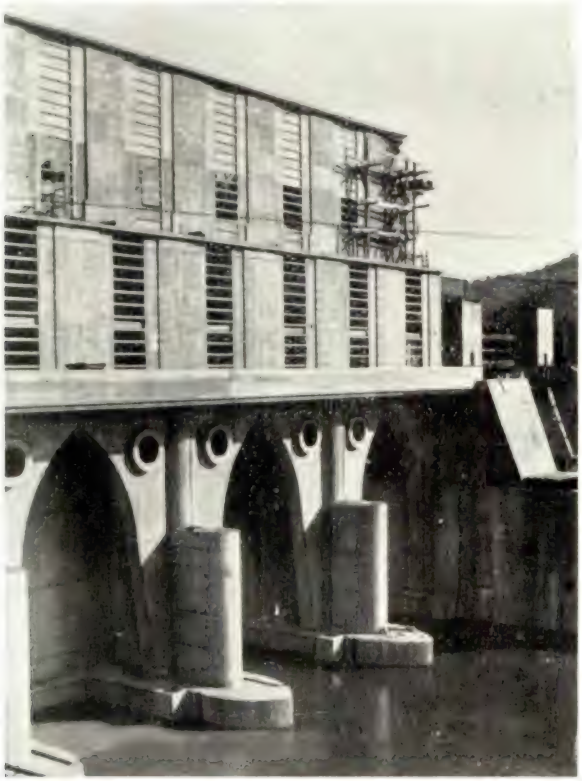
VISTA DE JUSANTE
DA BARRAGEM, COM
A VÁLVULA DE DES-
CARGA DE FUNDO EM
FUNCIONAMENTO

DEZEMBRO 1950

TEJO—OCREZA

VISTA DE JUZANTE DA BARRAGEM E CENTRAL DE BELVER

SETEMBRO 1950



VISTA DE JUZANTE DA CENTRAL DE BELVER

SETEMBRO 1950

VISTA DE JUZANTE DA BARRAGEM E CENTRAL DE PRACANA

DEZEMBRO 1950

O aproveitamento do Douro nacional, nos seus 4 escalões, do tipo baixa queda entre 20 a 36 metros, com cheias da ordem de 15 000 a 18 000 m. c./seg., nas várias secções de montante para juzante, apresenta problemas de arranjo de obras bastante importantes e difíceis, em que intervém também a questão da navegação. Põe-se, em primeiro lugar, o problema da localização da central — numa das margens, no centro ou subdividida pelos pilares da barragem, conforme já se adoptou em obras estrangeiras —, em seguida, o modo mais económico de descarregar as cheias em relação com o tipo de comportas móveis e a localização e tipo da eclusa de navegação, considerando para o escalão de Carrapatelo o grande desnível a vencer; finalmente, apresenta-se o importante problema de execução das obras, com o clássico método de construção por fases que aqui tem especial importância em virtude dos elevados caudais de cheia e deve ser tomado em conta na elaboração do projecto de execução.

A criação de reservas de energia estival no sistema de aproveitamentos do País reveste uma particular importância em relação às condições económicas em que é possível obtê-las, pois é considerável o peso das necessárias despesas no custo do kWh.

É no projecto das barragens e no sistema de evacuação de cheias — em geral elevadas, por se tratar de bacias hidrográficas de grande área — que devem incidir todas as atenções no sentido de reduzir o capital do primeiro estabelecimento.

Por isso se justifica que, apesar de sermos um país pequeno e onde é, portanto, reduzido o número total de barragens importantes a construir, os respectivos estudos estejam a tomar um notável desenvolvimento, quer através de cálculos analíticos realizados pelas empresas concessionárias, quer por meio de aturados ensaios sobre modelo, a cargo do Laboratório de Engenharia Civil. A melhor utilização dos materiais de construção em obras de elevado volume, como as barragens, pode conduzir a apreciáveis reduções desse volume e portanto no custo, o que, finalmente, se traduz em notáveis economias de conjunto na criação das reservas de energia estival.

Daí tem resultado a tendência, sempre que possível, para a adopção de barragens tipo abóbada e nestas procura-se o traçado de dupla curvatura que permite melhor aproveitamento dos materiais, desde que se adoptem tensões máximas da ordem dos 60/70 kg/cm. q., perfeitamente aceitáveis dadas as possibilidades actuais dos cimentos e da fabricação de betões, nunca esquecendo o problema das fundações que é, entre todos, o mais importante. Quando os vales não permitam barragens deste tipo, a solução de contrafortes, como em Pracana, ou de abóbadas múltiplas, parece ser de aconselhar pelas economias conseguidas em comparação com as barragens gravidade, independentemente da hipótese da construção de terra, actualmente defendida pelos engenheiros americanos, mesmo em locais onde é possível adoptar o tipo gravidade de betão.

No quadro IV apresentam-se os tipos de barragens, construídas e de próxima construção, que criam as albufeiras mais importantes de reserva estival.

A evacuação das cheias faz parte dos problemas acessórios da construção da barragem que maior influência têm nas condições económicas do aproveitamento. Como as bacias hidrográficas dominadas pelas albufeiras são, em geral, de área elevada, e por outro lado, o caudal específico de cheia é também elevado, em virtude do carácter torrencial do nosso regime hidráulico, sucede que os valores das pontas de cheia são, em consequência, apreciáveis, da ordem de 1 000 m. c. a 6 000 m. c./seg., obrigando a estudar com particular cuidado o problema da sua evacuação.

Em primeiro lugar, é necessário considerar o hidrograma da cheia e estudar o possível efeito regularizador da albufeira que pode ser muito importante para elevadas capacidades, o que contribui para um abaixamento da ponta. Depois, vem a escolha do tipo de evacuador e aqui, sempre que possível, deve procurar-se utilizar a própria barragem para dela fazerem parte os órgãos de evacuação de cheias, na medida em

que essas soluções sejam tècnicamente viáveis e aceitáveis quanto aos programas e métodos de execução das obras: foi o que se fez na maioria das barragens indicadas no Quadro IV.

Nos casos em que fique demonstrado ser inconveniente a adopção desta solução, resta a de adoptar um sistema de evacuação de cheias independente da barragem, geralmente túneis com troço inicial em poço, como se procedeu na Pracana, ou com troço inicial inclinado, como se estudou para o Cabril.

A escolha do tipo de evacuador deve ser conduzida, dentro do possível, por via experimental, primeiramente para comparação das soluções julgadas viáveis, completando-se depois com estudos profundos sobre modelo para traçado da solução definitiva.

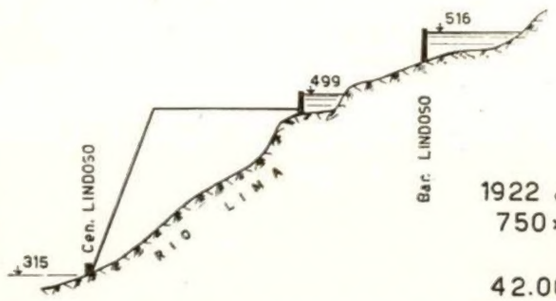
Apresentámos certos princípios para o estabelecimento do plano do melhor aproveitamento dos nossos recursos hidroeléctricos, convencidos que eles constituem uma base de trabalho que, podendo não ser a óptima, representa, no entanto, uma directriz bem definida e capaz de satisfazer as necessidades daquele plano.

Julgamos que estes princípios não se afastam das ideias defendidas pelos Serviços Oficiais responsáveis, cuja preocupação dominante — seja-nos permitido interpretá-la — tem sido a de realizar um programa de obras que reduza a intervenção de centrais térmicas, e de criar reservas de energia estival tão grandes quanto possível, condições de evidente interesse para a economia nacional.

Janeiro de 1951.

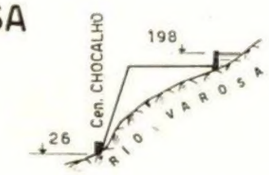
PRINCIPAIS APROVEITAMENTOS EM EXPLORAÇÃO

LINDOSO



1922 a 1945
750×10^3 m³
184 m
42.000 kW
133×10^6 kWh

VAROSA

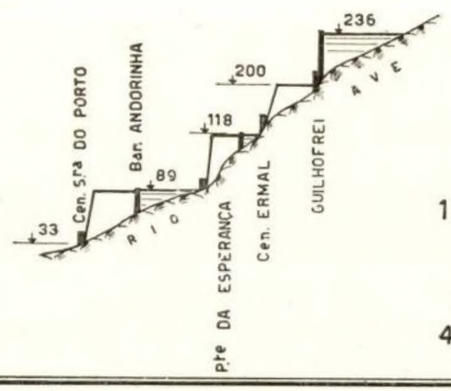


1925 a 1934
—
172 m
10.000 kW
26×10^6 kWh

SERRA DA ESTRELA

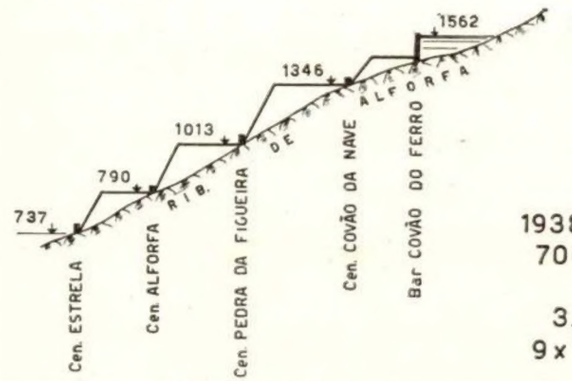
1909 a 1947
13×10^6 m³
1.200 m
18.000 kW
57×10^6 kWh

ERMAL

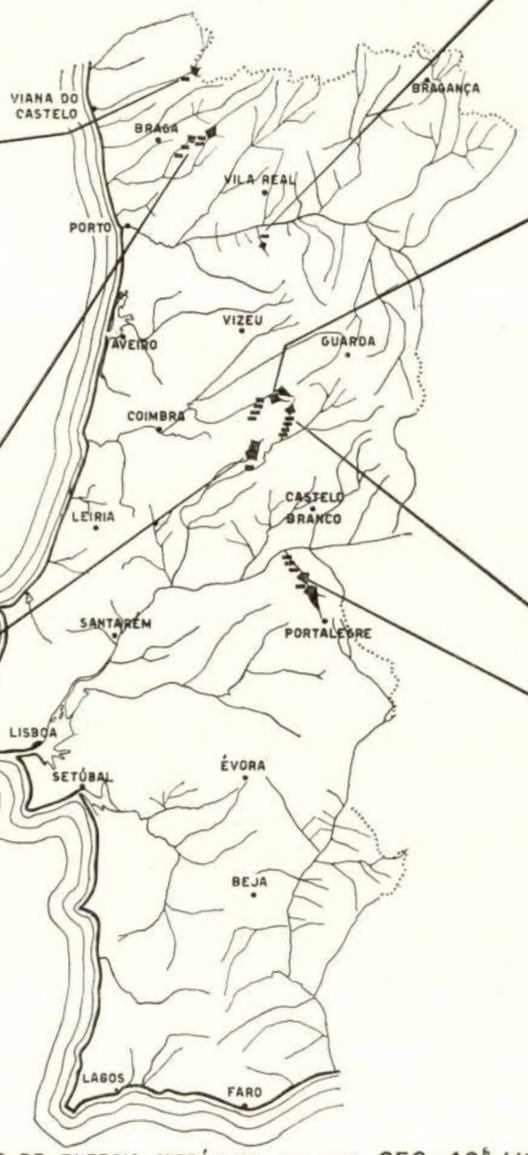


1937 a 1945
22×10^6 m³
203 m
22.000 kW
42×10^6 kWh

ALFORFA

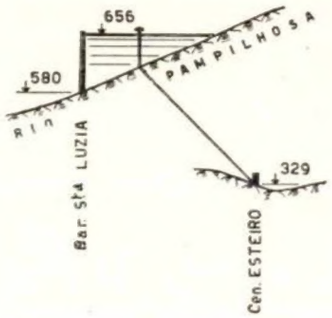


1938 a 1946
700×10^3 m³
825 m
3.000 kW
9×10^6 kWh



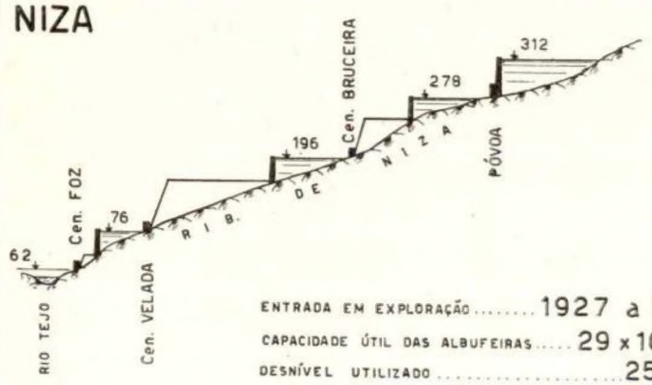
PRODUÇÃO DE ENERGIA HIDRÁULICA EM 1948.. 350×10^6 kWh
POTÊNCIA TOTAL INSTALADA ..... 145.000 kW

Sta LUZIA



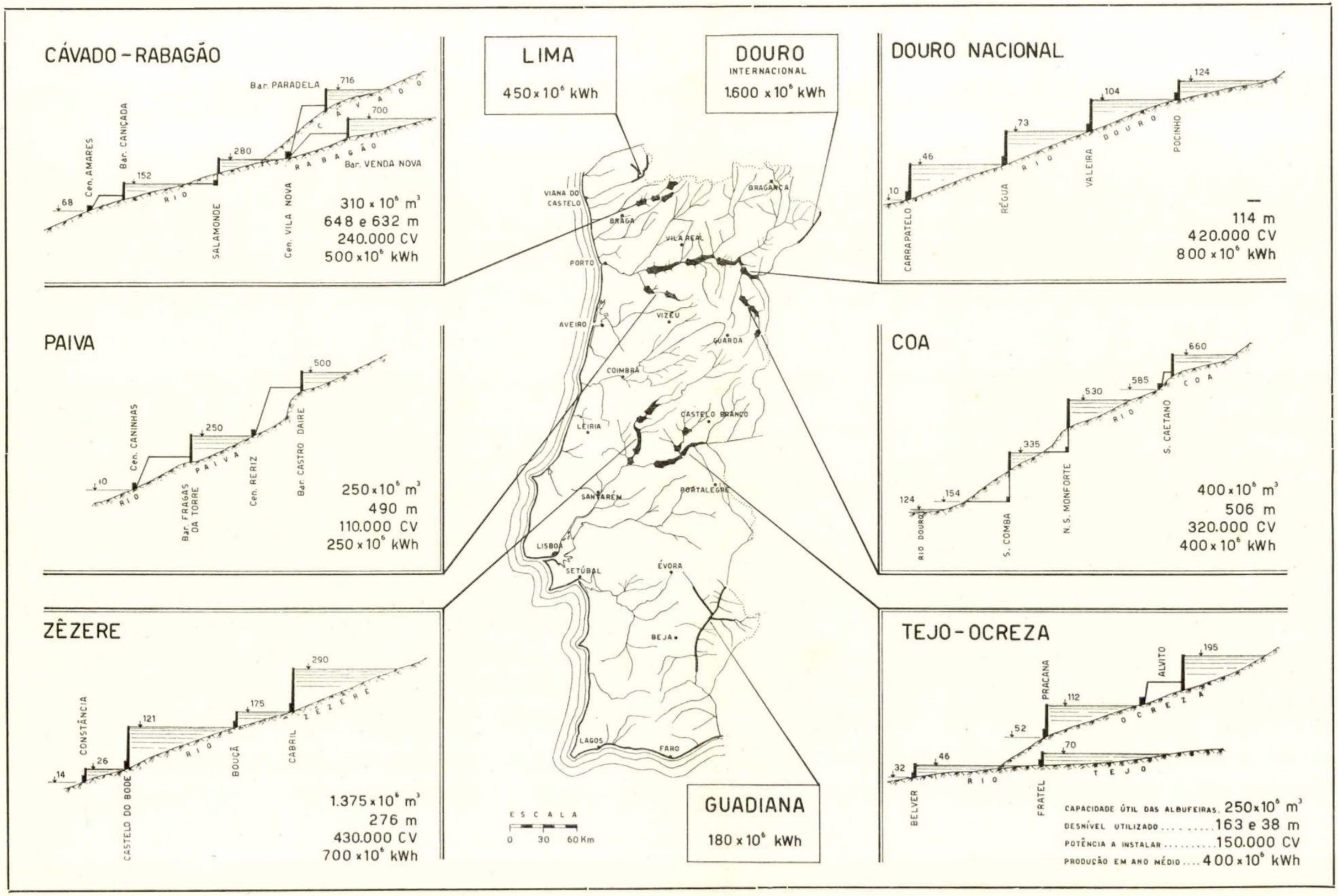
1943 a 1946
50×10^6 m³
327 m
19.000 kW
25×10^6 kWh

NIZA



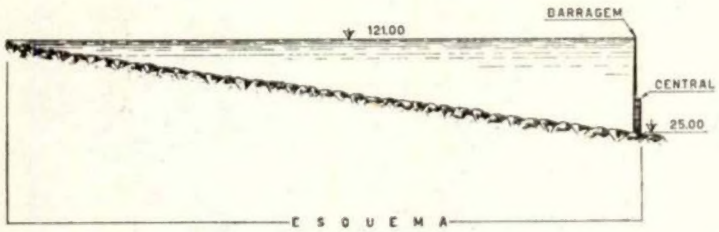
ENTRADA EM EXPLORAÇÃO ..... 1927 a 1939
CAPACIDADE ÚTIL DAS ALBUFEIRAS ..... 29×10^6 m³
DESNÍVEL UTILIZADO ..... 250 m
POTÊNCIA INSTALADA ..... 7.000 kW
PRODUÇÃO EM 1948 ..... 16×10^6 kWh

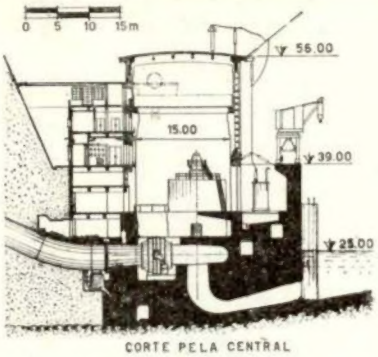
GRANDES SISTEMAS HIDRO-ELÉCTRICOS



TIPOS DE ESQUEMA DE APROVEITAMENTOS CONSTRUÍDOS OU DE PRÓXIMA CONSTRUÇÃO

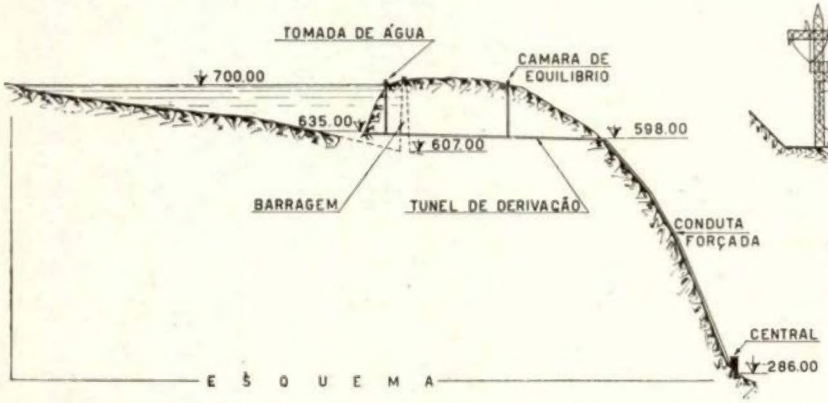
CASTELO DO BODE

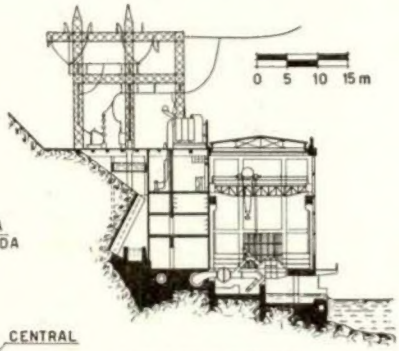




CORTE PELA CENTRAL

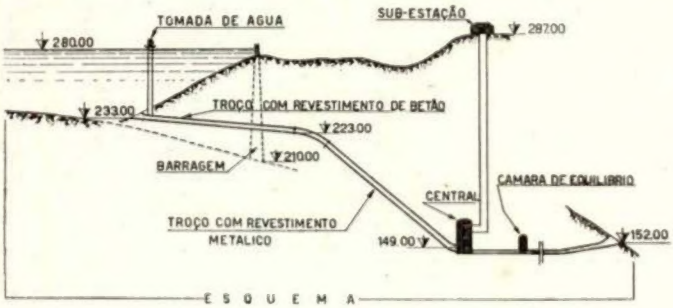
VENDA NOVA

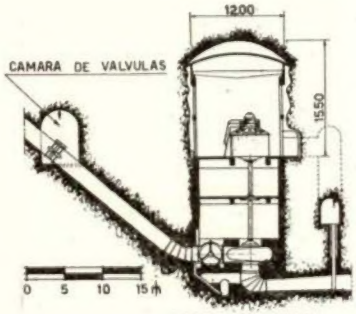




CORTE PELA CENTRAL

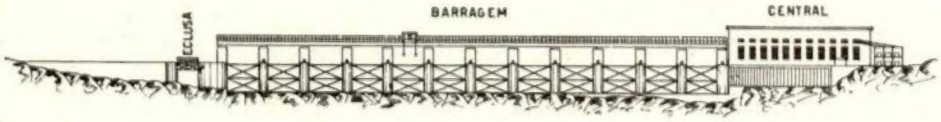
SALAMONDE

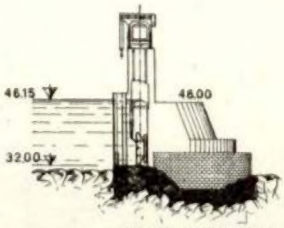




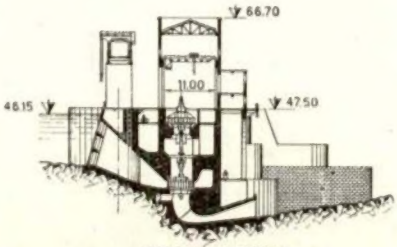
CORTE PELA CENTRAL

BELVER





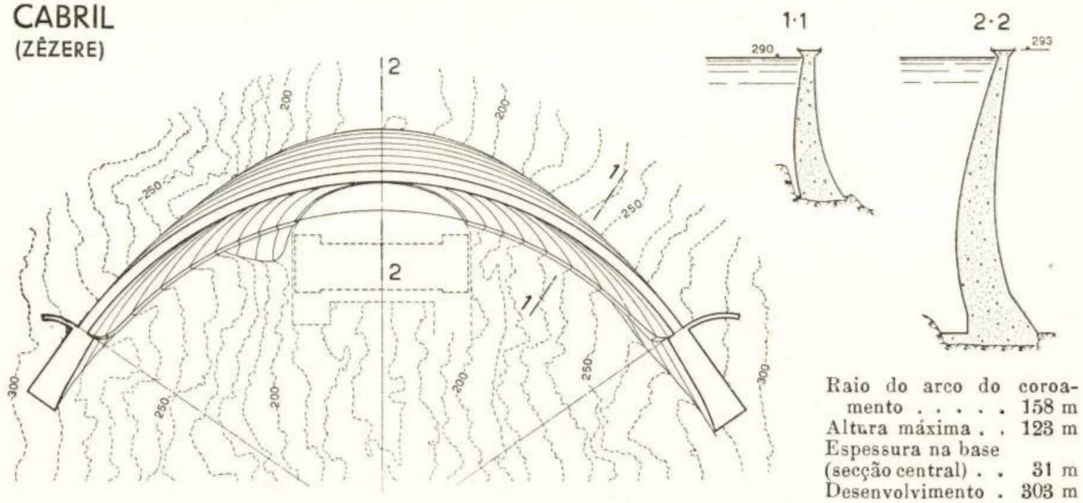
CORTE PELA BARRAGEM



CORTE PELA CENTRAL

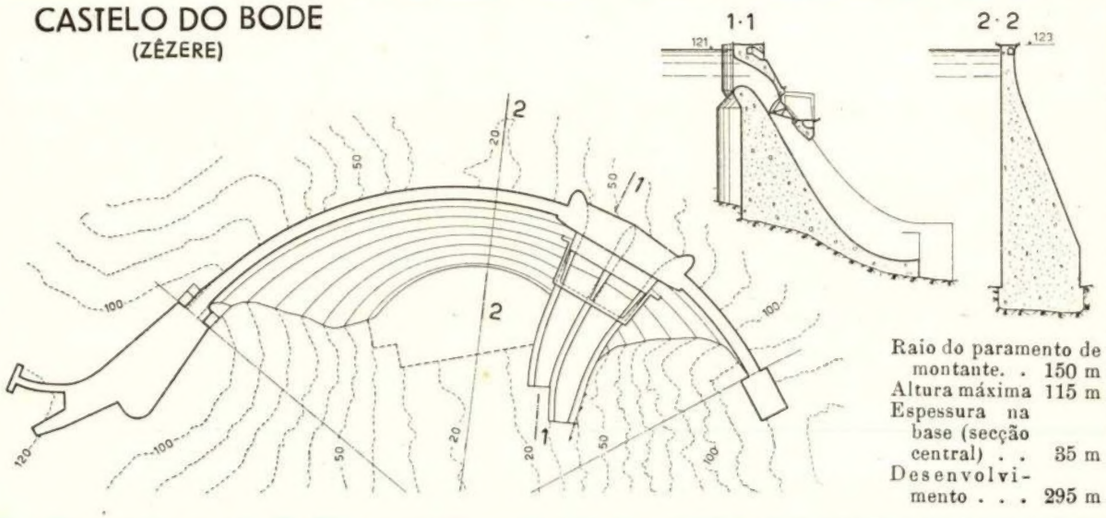
TIPOS DE BARRAGENS, CONSTRUÍDAS OU DE PRÓXIMA CONSTRUÇÃO, RELATIVAS ÀS PRINCIPAIS ALBUFEIRAS

CABRIL
(ZÊZERE)



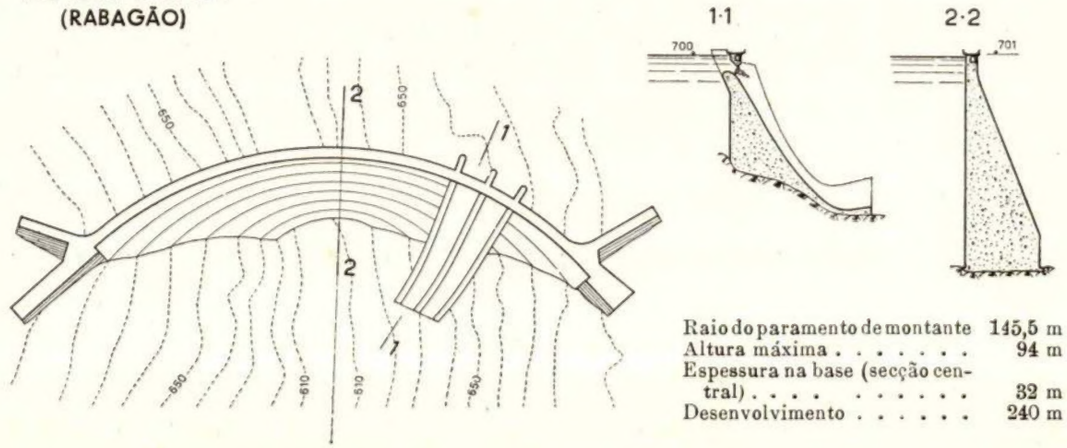
Raio do arco do coroamento . . . . . 158 m
Altura máxima . . 123 m
Espessura na base (secção central) . . 31 m
Desenvolvimento . 303 m

CASTELO DO BODE
(ZÊZERE)



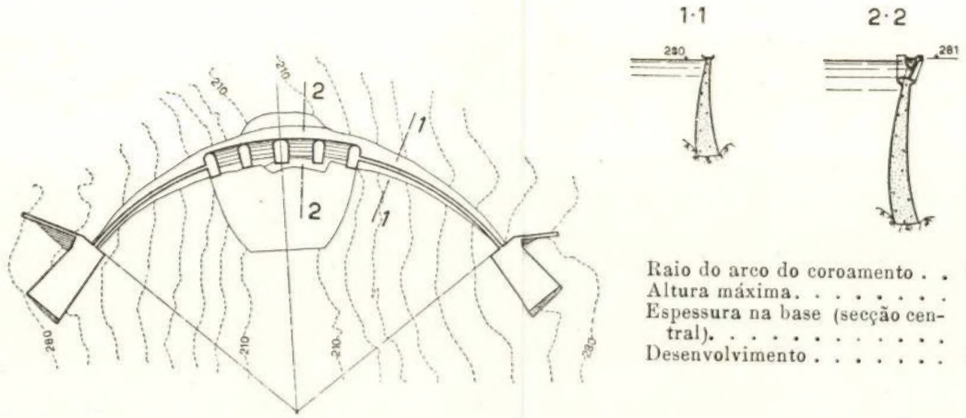
Raio do paramento de montante. . 150 m
Altura máxima 115 m
Espessura na base (secção central) . . 35 m
Desenvolvimento . . . 295 m

VENDA NOVA
(RABAGÃO)



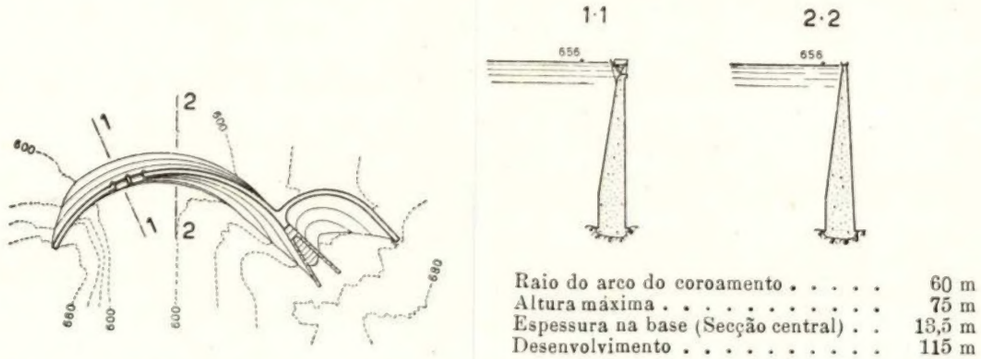
Raio do paramento de montante 145,5 m
Altura máxima . . . . . 94 m
Espessura na base (secção central) . . . . . 32 m
Desenvolvimento . . . . . 240 m

SALAMONDE
(CÁVADO)



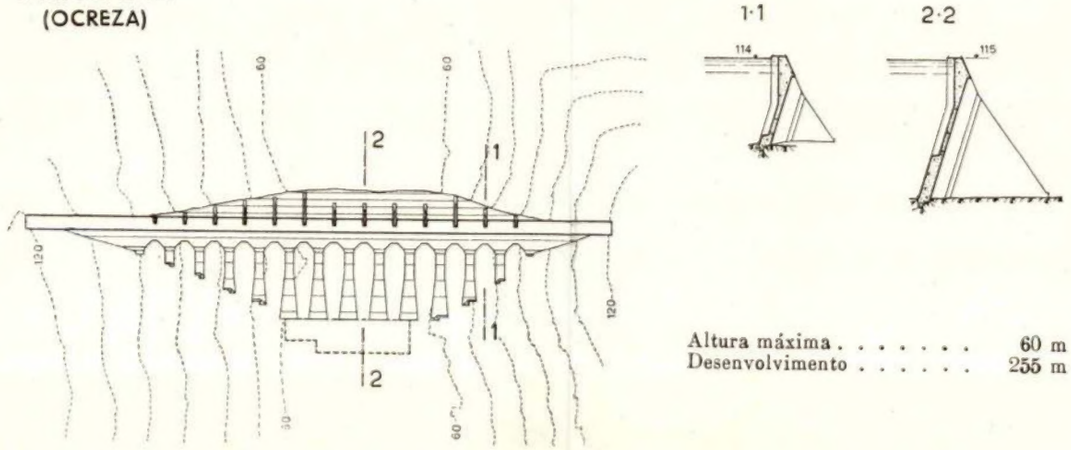
Raio do arco do coroamento . . 115 m
Altura máxima. . . . . 75 m
Espessura na base (secção central). . . . . 10 m
Desenvolvimento . . . . . 202 m

SANTA LUZIA
(PAMPILHOSA)



Raio do arco do coroamento . . . . . 60 m
Altura máxima . . . . . 75 m
Espessura na base (Secção central) . . 13,5 m
Desenvolvimento . . . . . 115 m

PRACANA
(OCREZA)



Altura máxima . . . . . 60 m
Desenvolvimento . . . . . 255 m